

# ALIADOS DE LA ARQUEOZOOLOGÍA: ESTUDIO DE LA DIETA PALEOLÍTICA MEDIANTE ANÁLISIS ISOTÓPICOS Y DE MICRO-RESTOS VEGETALES

*Domingo Carlos Salazar-García y Amanda Henry*

Durante la última década, los análisis arqueozoológicos que pretenden reconstruir los patrones de subsistencia paleolítica han encontrado aliados en la aplicación de nuevas técnicas: los análisis isotópicos y el estudio de micro-restos vegetales. Los análisis de isótopos estables del carbono y del nitrógeno en colágeno óseo dan información sobre el origen de la proteína consumida de forma constante durante varios años antes de la muerte de los individuos, así como sobre el peldaño trófico de la cadena alimentaria en que los especímenes de estudio se sitúan. El estudio de micro-restos vegetales (fitolitos y granos de almidón) conservados en cálculos dentales y útiles líticos da información sobre el probable consumo de diferentes tipos de plantas por los individuos estudiados. Son ya muchos los especímenes paleolíticos a los que se ha realizado análisis isotópicos para reconstruir la dieta, aunque menos sobre los que se ha aplicado el estudio de micro-restos vegetales en cálculos dentales. Se pretende dar a conocer las bases y el potencial de estos dos tipos de técnicas en la reconstrucción de la subsistencia de Neandertales y humanos modernos paleolíticos, así como ilustrar su aplicación utilizando varios yacimientos sobre los que se ha realizado estas técnicas analíticas.

## INTRODUCCIÓN

Las formas de subsistencia paleolíticas han sido inferidas tradicionalmente a través de métodos indirectos como el estudio de restos de fauna y de industria preservados en los yacimientos, así como mediante el análisis de restos orgánicos y ocasionalmente de material vegetal. Este tipo de análisis ha sugerido casi siempre que la caza de mamíferos de medio y gran tamaño fue un elemento clave en la subsistencia de los Neandertales, y que los humanos modernos del Pleistoceno superior debían de incluir una amplia variedad de recursos animales y vegetales. En cualquier caso, mediante estas técnicas de estudio resulta muy difícil estimar adecuadamente la importancia relativa y específica

de cada uno de los tipos de alimentos. Que aparezca en un yacimiento una acumulación importante de recursos marinos, ¿significa que los humanos consumían éstos de forma regular, que hicieron un día un festín y el resto del tiempo se alimentaban de otro tipo de recursos, o que los tomaban de forma constante pero en proporciones bajas y lo que vemos es el resultado del depósito de múltiples generaciones? Para responder a este tipo de preguntas se pueden realizar los análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en colágeno óseo, que proporcionan una medida directa del tipo de ingesta predominante al dar resultados sobre el tipo de alimento consumido durante los últimos años de vida del individuo. De esta forma se permite individualizar o aislar fenómenos con escalas temporales y espaciales muy precisas, y a partir de ahí evidenciar situaciones y dinámicas difíciles de conocer mediante otros medios.

Otro caso es el del consumo de recursos vegetales por parte de las poblaciones paleolíticas, cuyos restos son casi invisibles en el registro arqueológico y que es algo de lo que tampoco pueden informar claramente los análisis isotópicos; para llenar esta laguna concreta se realizan los estudios de micro-restos-vegetales, que se comentan en otro apartado. Desafortunadamente en paleoantropología es mucha la atención que se ha prestado al origen y evolución de la caza y del consumo de carne, y poca la que se ha dado al consumo de recursos vegetales. A pesar de todo, estudios de nutrición han demostrado que las plantas son alimentos densos en nutrientes que contienen importantes vitaminas, minerales y aminoácidos (Lindeberg *et al.*, 2003), a la vez que estudios etnográficos han demostrado que en la mayoría de grupos cazadores-recolectores los recursos vegetales suponen hasta un 85% de la dieta (Kelly, 1995). De hecho, los alimentos vegetales se han relacionado con rasgos relevantes de grupos cazadores modernos como la organización social (Bliege Bird, 1999), los patrones de migración (Thomas, 1981) o el desarrollo tecnológico (Revedin *et al.*, 2010). También se cree que la selección de recursos vegetales por nuestros ancestros desempeñó un papel importante en episodios evolutivos, como por ejemplo en la separación entre los llamados australopitecinos robustos por un lado, y los australopitecinos gráciles y primeros *Homo* por otro (Laden y Wrangham, 2005). Se ha sugerido que el uso de tubérculos es una de las causas de la evolución del cuerpo humano moderno y de la estructura social del *Homo erectus* (O'Connell *et al.*, 1999), y que el tratamiento culinario de los recursos vegetales fue una contribución importante al habilitar a los humanos pre-modernos a obtener la energía necesaria para incrementar su población (Carmody y Wrangham, 2009).

Siempre será fundamental la combinación de estas dos nuevas aproximaciones (análisis isotópicos y estudio de micro-restos vegetales) con los métodos tradicionales, incluidas las diversas ramas de la arqueozoología, para así poder tener una idea más clara y global sobre los grupos humanos del pasado, sus prácticas de subsistencia y la repercusión de éstas en su

estructura social. El uso conjunto de todas estas técnicas de reconstrucción alimentaria permitirá generar un más completo conocimiento sobre la dinámica socioeconómica del pasado.

## ISÓTOPOS ESTABLES COMO COMPLEMENTO DE ESTUDIOS ARQUEOZOOLOGÍCOS

El análisis de isótopos estables del carbono y del nitrógeno sobre colágeno óseo es una de las técnicas directas más usadas para la reconstrucción de la paleodieta. Aunque este tipo de analítica se lleva aplicando en la prehistoria europea desde la década de los ochenta del siglo pasado, ha visto potencialmente incrementado su uso durante el siglo XXI. El principio básico sobre el que se basan estos estudios es el de que “somos lo que comemos”, es decir, que las unidades básicas que conforman todos los tejidos corporales de cualquier animal, incluyendo los huesos, provienen de los alimentos que éstos han ingerido a lo largo de la vida. La proporción entre los distintos isótopos estables del carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) y del nitrógeno ( $^{14}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) cambian de una manera específica y conocida durante el proceso de incorporación de los átomos de la dieta al hueso; proceso conocido como fraccionamiento isotópico (Schoeller, 1999). Hay que tener en cuenta que los valores sobre colágeno óseo reflejan sobretodo la ingesta de proteínas, lo cual resulta en un enmascaramiento de la parte de la dieta procedente de los vegetales al poseer éstos poca cantidad de ellas (Ambrose y Norr, 1993; Jim *et al.*, 2006), por lo que habrá que recurrir a otras técnicas para obtener mayor información sobre el consumo de plantas. Tampoco hay que perder de vista que los valores obtenidos proporcionan información sobre la media del tipo de dieta que el individuo ha consumido durante sus últimos años de vida, de 2 a 15 años según el tipo de hueso del que se extraiga el colágeno en bruto (Robins y New, 1997; Hedges y Reynard, 2007; Katzenberg, 2008). Esto último presenta la ventaja de que aporta una imagen realista de la alimentación de los individuos a medio y largo plazo, pero presenta también el inconveniente que su resolución no permite discernir variaciones estacionales de la dieta que podrían llegar a ser relevantes para comprender mejor la economía de una población.

Para visualizar mejor qué tipo de información sobre la dieta nos pueden dar los análisis isotópicos sobre colágeno óseo se puede consultar en la figura 1 un esquema teórico de los valores  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  (en ‰) de distintos ecosistemas. En ella se puede apreciar cómo el uso combinado de los valores  $\delta^{13}\text{C}$  (proporción isotópica entre  $^{13}\text{C}$  y  $^{12}\text{C}$  de la muestra en relación a la proporción de éstos en el carbono fósil marino) y  $\delta^{15}\text{N}$  (proporción isotópica entre  $^{15}\text{N}$  y  $^{14}\text{N}$  de la muestra en relación a la proporción de éstos en el nitrógeno atmosférico) aporta información sobre el origen terrestre o acuático (marino o lacustre-fluvial) de los principales recursos alimentarios proteicos (De Niro y Epstein, 1978, 1981; Tauber,

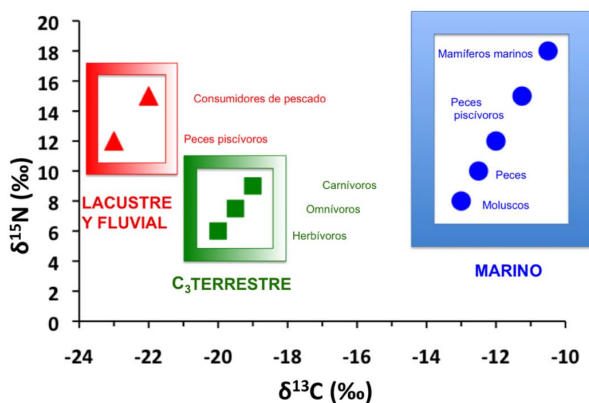


FIGURA 1. Valores  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  tipo de diversos ecosistemas.

1981; Chisholm *et al.*, 1982; Richards y Van Klinken, 1997). De forma independiente, los isótopos estables del carbono son capaces también de discriminar entre la presencia en la dieta de plantas con rutas fotosintéticas diferentes: plantas  $\text{C}_3$  de regiones templadas y frías con valores en torno a  $-26$  ‰ como el trigo, y plantas  $\text{C}_4$  de regiones tropicales, áridas o semiáridas con valores en torno a  $-12,5$  ‰ como el mijo (Deines, 1980). Los isótopos estables del nitrógeno, por su cuenta, ayudan a situar a los humanos en la cadena trófica al experimentar  $\delta^{15}\text{N}$  un incremento de entre 3 y 5 ‰ por nivel trófico (Minagawa y Wada, 1984).

Como se puede imaginar, una de las ventajas que tiene esta técnica aplicada a cronologías paleolíticas es que es capaz de detectar el consumo de proteína acuática. Esto es especialmente útil al no preservarse habitualmente igual de bien los restos óseos de ictiofauna en comparación con los de mamíferos. También hay que tener en cuenta que la gran mayoría de las plantas nativas europeas son plantas  $\text{C}_3$  (Mateu-Andrés, 1993) que tienen valores  $\delta^{13}\text{C}$  similares (Vogel, 1978; Van der Merwe y Medina, 1989), por lo que la posibilidad de poder discernir entre el consumo de plantas  $\text{C}_3$  o  $\text{C}_4$  para cronologías paleolíticas no es de mucha utilidad. Es por ello que, además de ser especialmente útil para detectar el consumo de proteína acuática, este tipo de análisis nos podrá dar, a diferencia de los restos de fauna que sólo son capaces de indicar episodios puntuales de caza o carroñero (Stiner, 1994; Mellars, 1996; Gamble, 1999), información sobre los alimentos predominantes a largo plazo.

## MICRO-RESTOS Y CONSUMO DE RECURSOS VEGETALES

Como mediante los análisis arqueozoológicos e isotópicos apenas se obtiene información sobre el consumo de recursos vegetales, hay que buscar otros métodos comple-

mentarios que nos ayuden a hacerlo. Desafortunadamente las plantas se descomponen rápidamente y tan sólo rara vez son preservadas, como por ejemplo en el caso de semillas o madera carbonizada. Sin embargo los restos microscópicos de vegetales, llamados micro-restos o microfósiles vegetales, a veces sobreviven y son capaces de documentar el uso de plantas en el pasado (Piperno, 2006; Torrence y Barton, 2006). Entre los micro-restos vegetales se incluyen los granos de polen, los fitolitos y los granos de almidón. Los granos de polen son los gametos reproductivos masculinos de las plantas. Los fitolitos son pequeños cuerpos silíceos que se encuentran mayormente en las hojas, troncos y frutos de las plantas, aunque también pueden aparecer en otras partes como las raíces, los rizomas o los tubérculos. Los granos de almidón son los gránulos donde las plantas almacenan su energía, y aparecen en mayor número y con un mayor potencial diagnóstico en los órganos de almacenamiento de las plantas como por ejemplo las semillas o los tubérculos. De entre estos tres tipos de micro-restos vegetales, son los granos de almidón y los fitolitos los más útiles a la hora de reconstruir la dieta de nuestros ancestros, ya que son producidos en las partes de las plantas que habitualmente son consumidas (por ejemplo en las hojas y frutos).

Se sabe desde por lo menos mediados del siglo XIX, que fue cuando se comenzaron a realizar estudios microscópicos sistemáticos de plantas, que los fitolitos y granos de almidón varían entre distintos tipos de plantas. Sin embargo, no fue hasta las décadas de los setenta y los ochenta del siglo pasado cuando algunos investigadores comenzaron a utilizar los micro-restos vegetales para aproximarse a las dietas de grupos humanos para los cuáles no había datos directos disponibles, principalmente centrándose en el uso y/o domesticación de ciertas cosechas (Ugent *et al.*, 1982, 1986). Hoy en día, los micro-restos vegetales se utilizan para documentar el uso de plantas en contextos arqueológicos de distintos periodos cronológicos y áreas del mundo (Perry *et al.*, 2007; Piperno y Dillehay, 2008; Li *et al.*, 2010; Henry *et al.*, 2011, 2012).

El término *fitolito* viene del idioma griego y significa “planta-roca”. Los fitolitos se forman al concentrar y depositar las plantas el sílice soluble que toman de las aguas dentro y entre sus células en forma sólida y no cristalina (Pearsall, 2000; Piperno, 2006). De esta forma, los fitolitos confieren apoyo estructural a los tejidos vegetales. Además, mientras algunos autores sostienen que son producidos como una forma de defensa mecánica contra los herbívoros ya que pueden desgastar el esmalte dental (Massey y Hartley, 2006; Massey *et al.*, 2007a, b), otros mantienen una visión contraria sobre su función (Sanson *et al.*, 2007). En cualquier caso, se sabe que los fitolitos se forman principalmente en los órganos de la planta que se encuentran sobre la superficie, como es el caso de las hojas, corteza o frutos, aunque algunas plantas son capaces de acumularlos también en sus estructuras subterráneas. Lo que hace a los fitolitos muy interesantes de estudiar es

que se preservan durante mucho tiempo, ya que son resistentes a la mayoría de ácidos y tan sólo son solubles en condiciones de pH elevado (Piperno, 2006; Fraysse *et al.*, 2009). De hecho se han encontrado fitolitos en muestras que datan de hasta ~70 Ma (Prasad *et al.*, 2005), pero se sabe que pueden sobrevivir incluso durante más tiempo. Y esto, sumado a que los fitolitos adquieren morfologías únicas dependiendo del taxón vegetal y la parte de la planta en la que se forman, los convierte en un sustrato de interés para ser analizado. De hecho habitualmente su morfología es diagnóstica a un nivel taxonómico bastante elevado (género, tribu, sub-familia o familia), aunque a veces es factible incluso averiguar la especie o el agrotipo (Rapp y Mulholland, 1992; Piperno, 2006). En cualquier caso hay que tener en cuenta que las morfologías de los fitolitos varían mucho en tamaño, forma, textura y ornamentación, tanto entre plantas como entre distintas partes de una misma planta, como se aprecia en la figura 2 (Madella *et al.*, 2005; Piperno, 2006).

Además de los fitolitos, también se puede estudiar los granos de almidón que aparecen en el registro arqueológico con el objetivo de reconstruir el consumo de recursos vegetales de poblaciones pasadas. Los granos de almidón son concentraciones de hidratos de carbono complejos formados en las plantas como medio de almacenamiento de energía. Existen dos tipos principales, los granos de almidón transitorios y los de reserva. Los granos de almidón transitorios se forman en las partes verdes de las plantas durante el día, y son transformados en azúcares durante la noche (Cortella y Pochettino, 1994); éste tipo de granos de almidón es habitualmente pequeño, y su uso es limitado en estudios de micro-restos vegetales (Shannon *et al.*, 2009). Los granos de almidón de reserva desempeñan la función de almacenes de energía, por lo que se forman sobre todo en las áreas de la planta como las semillas, frutos o tubérculos, donde el almacenamiento de energía a largo plazo es más necesario (Sivak y Preiss, 1998). Este segundo tipo de granos de almidón es habitualmente diagnóstico a un nivel taxonómico preciso (Género), siendo incluso a veces posible el diagnóstico de especies (Reichert, 1913; Seidemann, 1966; Piperno y Holst, 1998; Piperno *et al.*, 2000; Torrence *et al.*, 2004; Torrence y Barton, 2006). La formación de los granos de almidón ocurre en los amiloplastos de las células vegetales, y comienza en un punto central llamado *hilum*. Las cadenas de hidratos de carbono que componen el grano de almidón se depositan de forma radial en *lamellae* alternas cristalinas y amorfas, que se cree son incrementos diarios de crecimiento (Blanshard, 1987; Pérez *et al.*, 2009). Esta estructura cristalina y amorfa es la que otorga a los granos de almidón muchos de sus rasgos característicos, entre ellos su resistencia bajo ciertas condiciones medioambientales y su debilidad en otras. También es la responsable del rasgo más característico de los granos de almidón: la cruz típica y distintiva que se aprecia cuando se observan al microscopio bajo luz polarizada. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que los granos de almidón varían en tamaño, forma, *lamellae*, fisuras, decoraciones su-

perfiles, apariencia bajo luz polarizada, y posición y apariencia del *hilium* (figura 2), que es todo ello precisamente lo que ayuda a distinguir entre los de unas plantas y otras o entre unas partes u otras de la misma planta. Aunque no se preservan durante tanto tiempo como los fitolitos, los granos de almidón pueden sobrevivir durante al menos 200 000 años en entornos protegidos como los cálculos dentales o los útiles líticos (Van Peer *et al.*, 2003; Henry, 2010). A pesar de ello, existen varias condiciones tafonómicas que pueden a pesar de todo dañarlos o destruirlos, como por ejemplo las altas temperaturas, un pH bajo o la exposición a enzimas (Haslam, 2004; Biliaderis, 2009; Robyt, 2009).

Son la naturaleza duradera y la morfología diagnóstica de los granos de almidón y fitolitos, además de sus características, las que los convierten en una herramienta ideal para estudiar el rol de las plantas en la dieta de poblaciones pasadas. Además, que tanto los granos de almidón como los fitolitos puedan recuperarse de una variedad de fuentes arqueológicas (cálculos dentales, útiles, coprolitos, muestras de sedimento) los hacen idóneos para estudios alimentarios en los campos de la Prehistoria y la Arqueología. De entre ellos son los cálculos dentales y las herramientas líticas las más útiles para el estudio de micro-restos vegetales. Veamos ahora el por qué.

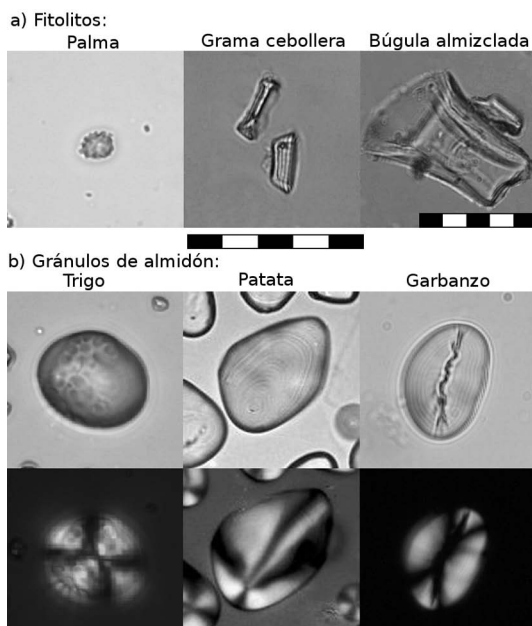


FIGURA 2. Variación en la morfología de fitolitos (a) y granos de almidón (b). En la hilera superior de (b) se observa los granos de almidón bajo luz normal; en su hilera inferior se observa bajo luz polarizada. Todas las imágenes tienen la misma escala, salvo el fitolito de búgula almizclada. La escala es de 50 micrones.

¿Qué son los cálculos dentales y por qué son uno de los sustratos favoritos para el estudio de micro-restos vegetales arqueológicos? Los cálculos dentales no son ni más ni menos que la placa mineralizada que se forma en la superficie del diente (Lieverse, 1999; Jin y Yip, 2002). Como la saliva está supersaturada de fosfato cálcico para poder prevenir la disolución de los dientes durante el consumo de alimentos ácidos, y debido a que las bacterias de la cavidad oral forman una película rugosa en la superficie de los dientes que es un lugar para la precipitación del fosfato cálcico, los cálculos dentales son formados por las capas de bacterias y por los precipitados minerales. Y tal y cómo se va construyendo el cálculo dental, las partículas de alimentos, entre las que se incluyen los micro-restos vegetales, quedan atrapadas en el contexto mineral y son entonces protegidas de las enzimas y otros materiales dañinos. Análisis recientes de cálculos dentales han demostrado que sus elementos constituyentes son más similares al esmalte que a la dentina (Henry *et al.*, 2010), y un estudio de las proteínas atrapadas en cálculos dentales arqueológicos ha demostrado que éstas son casi idénticas a las encontradas en la cavidad oral de individuos vivos y muy diferentes a las proteínas que aparecen en el sedimento que envuelve los enterramientos (Warinner *et al.*, 2012), lo que significa que los granos de almidón y los fitolitos preservados en cálculos dentales documentan por tanto los alimentos vegetales que el individuo consumió durante su vida (Piperno y Dillehay, 2008; Henry *et al.*, 2011). Y es que los depósitos de cálculos se construyen lentamente y por tanto representan la dieta global consumida durante un periodo extenso de tiempo. A pesar de todo, hay que tener en cuenta que la formación de cálculos dentales es altamente variable entre individuos (Lieverse, 1999), por lo que la duración exacta que representa el depósito habitualmente no puede ser determinado aunque probablemente sea del orden de varios meses o unos pocos años.

El otro sustrato arqueológico preferido para el estudio alimentario de los micro-restos vegetales son los útiles líticos, ya que los micro-restos vegetales también se adhieren a la superficie de los útiles empleados en el procesado de plantas (Loy *et al.*, 1992; Piperno y Holst, 1998; Piperno *et al.*, 2000, 2004; Pearsall *et al.*, 2004; Perry *et al.*, 2007). Esto ocurre ya que las grietas y los pequeños orificios de las superficies de dichas herramientas ofrecen resguardo a los restos vegetales de la degradación medioambiental (Kelso *et al.*, 1995; Barton y Matthews, 2006; Barton, 2007). Además de poder averiguar si un útil pudo ser utilizado o no en el procesado de plantas, el patrón de distribución de los micro-restos vegetales en la superficie de un útil puede dar indicaciones de cómo se utilizó (Hardy *et al.*, 2008). Así pues, varios estudios de micro-restos vegetales recuperados de herramientas han aportado nueva luz sobre comportamientos alimentarios a lo largo de la historia de la humanidad, incluyendo el uso temprano de tecnología de molienda (Aranguren *et al.*, 2007) o la expansión y domesticación de cosechas (Fullagar *et al.*, 2006).



Ya hemos dicho que aunque los cálculos dentales y los útiles líticos son los materiales arqueológicos idóneos para estudiar el consumo alimentario, existen otros tipos de sustratos donde potencialmente se pueden encontrar y estudiar micro-restos vegetales: los coprolitos y los sedimentos. Aunque evidentemente los coprolitos nos darían información sobre el consumo de plantas a corto plazo (días) al sobrevivir tanto fitolitos como granos de almidón (especialmente los primeros) al sistema digestivo y poder ser recuperados en muestras fecales (Horrocks *et al.*, 2004), no son ideales ya que presentan el inconveniente de que no suelen sobrevivir en el registro arqueológico. A pesar de ello los coprolitos humanos, que preservan regularmente fitolitos, han sido estudiados para documentar por ejemplo desde el consumo de recursos vegetales salvajes y domesticados entre la población Maorí (Horrocks *et al.*, 2002) hasta el consumo de plantas de desierto entre los cazadores-recolectores y primeros granjeros de Texas (Reinhard y Danielson, 2005). Y sobre el sedimento arqueológico, si bien es cierto que en éste sí existen abundantes micro-restos vegetales, éstos no tienen por qué estar asociados al consumo de plantas. No obstante, y aunque las muestras de sedimentos son menos apropiadas para la reconstrucción de la dieta, éstas pueden aportar valiosa información sobre el contexto medioambiental de un yacimiento (Bamford *et al.*, 2006), sobre la distribución espacial del comportamiento humano en un yacimiento (por ejemplo Balme y Beck, 2002), o sobre el cambio de uso de un yacimiento con el paso del tiempo (por ejemplo en Parr y Carter, 2003).

#### APROXIMACIÓN A LA DIETA PALEOLÍTICA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE ISÓTOPOS DE C Y N

El análisis de isótopos estables ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) en colágeno óseo ha sido aplicado a varios restos paleolíticos desde principios de la década de los noventa del siglo pasado. Las reconstrucciones de paleodietas en homínidos europeos del Pleistoceno mediante estudios de isótopos estables realizados sobre restos de Neandertales y de fauna asociados, que datan aproximadamente de entre 120 000 y 30 000 años BP, han ido dando informaciones precisas sobre la alimentación de estos homínidos a lo largo de los últimos 18 años de investigaciones. En total se cuentan con datos publicados de tan sólo 18 especímenes, lo que sin duda es debido a que los restos fósiles de Neandertales son muy escasos y preciados. Los primeros análisis se realizaron sobre individuos Neandertales de la Cueva de Les Pradelles (Charentes, France) (Fizet *et al.*, 1995). Desde aquella investigación pionera, la paleodieta de otros especímenes Neandertales ha sido estudiada utilizando los análisis de isótopos estables en Europa (figura 3; cuadro 1): Neandertales de los yacimientos de la Cueva de Scladina (Bocherens *et al.*, 1999, 2001), la Cueva de Awirs (Bocherens *et al.*, 2001) y la Cueva de Spy (Bocherens *et al.*, 2001) en Bélgica, de la Cueva Vindija (Smith *et*



FIGURA 3. Yacimientos con restos de Neandertales analizados hasta la fecha.

*al.*, 1999; Richards *et al.*, 2000b; Higham *et al.*, 2006) en Eslovenia, de los yacimientos de Saint-Césaire (Bocherens y Drucker, 2003a), Rochers de Villeneuve (Beauval *et al.*, 2006), Jonzac (Richards *et al.*, 2008) y nuevos especímenes de Les Pradelles (Bocherens *et al.*, 2005) en Francia, de dos especímenes del yacimiento Kleine Feldhofer Grotte del valle de Neander (Richards y Schmitz, 2008) en Alemania, del Neandertal de Zeeland encontrado bajo las aguas (Hublin *et al.*, 2009) en Holanda, y del espécimen de Okladnikov (Krause *et al.*, 2007) en la Siberia rusa. Un intento por extender esta aproximación de estudio a un Neandertal de Oriente Próximo falló debido a una deficiente conservación del colágeno (Ambrose, 1998). Los resultados de los yacimientos de la fachada mediterránea peninsular de Cova Negra y Abric del Salt (Salazar-García, 2012) están en trámites de ser publicados.

La evidencia obtenida a partir de dichos análisis señala de manera clara a los Neandertales como carnívoros situados en la parte más alta de la pirámide trófica, ya que según éstos obtenían casi toda su proteína dietética de recursos animales. En este sentido, los análisis isotópicos muestran la dieta Neandertal como relativamente uniforme, salvo en el caso del subadulto de Okladnikov que presenta valores más positivos tanto en carbono como en nitrógeno que podrían deberse al proceso de lactancia (figura 4). La impronta isotópica de todos los demás es similar o ligeramente superior a la de animales depredadores contemporáneos a ellos, indicando que la dieta de los Neandertales estaba basada en el consumo de carne de grandes herbívoros (Bocherens y Drucker, 2003b). Así pues, los resultados isotópicos de todos los especímenes de Neandertales estudiados hasta el momento muestran una ecología trófica similar independientemente de la situación geográfica de éstos. Y es que en todos los casos los valores en neandertales de  $\delta^{15}\text{N}$  son bastante más elevados que los de herbívoros europeos coetáneos a ellos como

YACIMIENTO/INDIVIDUO	DATACIÓN	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Cueva de Awirs	35000 - 40000 BP	-19.6	12.6
Jonzac	ca. 40000 BP	-19.7	11.2
<i>Les Pradelles 9</i>	40000 - 45000 BP	-20.2	9.3
Les Pradelles 10	40000 - 45000 BP	-19.1	11.6
Les Pradelles M300	40000 - 45000 BP	-19.1	11.5
Les Pradelles M400	40000 - 45000 BP	-19.5	11.4
<i>Les Pradelles M100</i>	40000 - 45000 BP	-21.8	8.4
Kleine Feldhofer Grotte Nea1	39900 ± 620 BP	-21.5	9.0
Kleine Feldhofer Grotte NN1	39240 ± 670 BP	-21.6	7.9
Okladnikov	37800 ± 450 BP	-19.1	12.9
Les Rochers de Villeneuve	ca. 45000 BP	-19.0	11.6
Saint-Césaire	ca. 36000 BP	-19.8	11.4
Scladina SC18800	80000 - 130000 BP	-19.9	10.9
Scladina MT500	ca. 40000 BP	-21.2	11.8
Cueva de Spy	35000 - 40000 BP	-19.8	11.0
Vindija 207	29080 ± 400 BP	-20.5	10.8
Vindija 208	32400 ± 800 BP	-20.2	10.3
Zeeland	45000-25000 BP	-20.6	10.1

CUADRO 1. Valores  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y datación de restos de Neandertales (en letra itálica aparecen los especímenes que no reúnen los criterios de calidad del colágeno) [elaborada a partir de las distintas fuentes mencionadas en el texto].

el caballo (*Equus ferus*), el reno (*Rangifer tarandus*), el ciervo (*Cervus elaphus*), la cabra (*Capra pyrenaica*), el rebeco (*Rupicapra rupicapra*), el bisonte (*Bison priscus*) y el uro (*Bos primigenius*), y similares o algo más elevados a los de depredadores también coetáneos como el lobo (*Canis lupus*), la hiena (*Crocota spelaea*) y el león (*Panthera spelaea*), cuyos valores se han analizado no sólo en los restos de los yacimientos con Neandertales estudiados (Richards *et al.*, 2000b; Bocherens *et al.*, 2001, 2005), sino también en diversos lugares de Europa para poder reconstruir su ecología (Iacumin *et al.*, 2000; Beazley *et al.*, 2002; Batts *et al.*, 2004; García-García *et al.*, 2009; Feranec *et al.*, 2010).

Así pues, los análisis de isótopos estables indican que la gran mayoría de proteína consumida por los Neandertales es de origen animal, y la única forma de tener una dieta casi exclusivamente basada en ella es mediante una caza activa y constante en el tiempo (Richards, 2002). Esto tiene importancia en las implicaciones para entender la organización del territorio por parte de estos homínidos, así como para comprender mejor su organización social y comportamiento complejo. Además, estas conclusiones sobre la dieta Neandertal son consistentes con los resultados de otras aproximaciones arqueológicas como la arqueozoología (Gaudzinski, 1996) o el estudio de micro-huellas de desgaste dentario (Lalueza-Fox y Pérez-Pérez, 1993). Tampoco hay que olvidar que ciertas eviden-

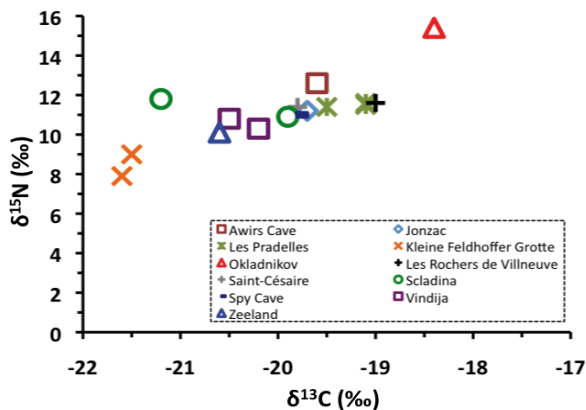


FIGURA 4. Valores  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  de los especímenes de Neandertales analizados hasta la fecha.

cias arqueológicas, como las estudiadas en el yacimiento musteriense de Monte Carmelo en Israel, apuntan a que los Neandertales de latitudes más meridionales usaban de forma estacional semillas y otros recursos vegetales para alimentarse, pero exclusiva y precisamente en las etapas de menor cantidad potencial de recursos animales (Lev *et al.*, 2005). Por ello, y aunque hasta ahora la evidencia isotópica sigue definiendo la dieta de estos homínidos como basada en proteína animal y sin apenas consumo de recursos vegetales (Richards y Trinkaus, 2009), es necesario poder complementar dicha información con la obtenida mediante el estudio de micro-restos vegetales en material arqueológico.

En cuanto a los análisis isotópicos realizados sobre los humanos anatómicamente modernos del Pleistoceno Superior, hasta la fecha, y debido tanto a la existencia de más especímenes como a la mejor preservación del tejido esquelético, se han realizado en Europa más análisis isotópicos a humanos del Paleolítico superior que a Neandertales. Se cuenta con datos publicados de al menos 47 humanos del Paleolítico superior de 23 yacimientos de diversas zonas de Europa, de distintos entornos, y situados tanto en la costa como en el interior (figura 5; cuadro 2). Cronológicamente se trata de 16 individuos previos al último periodo máximo glacial (20 000 BP) de entre los que se incluyen dos de antes del 30 000 BP, 14 individuos gravetienses, y 23 individuos del Paleolítico superior final. En concreto, se han estudiado los individuos del Paleolítico superior de los yacimientos ingleses de Gough's Cave, Sun Hole Cave, Kendrick's Cave, Eel Point y Paviland (Richards *et al.*, 2000a, 2001, 2005; Schulting *et al.*, 2005), los checos de Brno-Francousská y Dolní Věstonice (Richards *et al.*, 2001), los rusos de Kostenki, Mal'ta y Sungghir (Richards *et al.*, 2001), los italianos de Arene Candide (Pettitt *et al.*, 2003) y Grotta del Romito (Craig *et al.*, 2010), los franceses de Duruthy, Cap Blanc, La Madelaine, Saint-Germain-la-Rivière, Abri Pataud, La Rochette y Cro-Magnon (Hayden *et al.*, 1987; Drucker y Henry-Gambier, 2005), el croata de Sandalja (Richards y Trinkaus, 2009), el alemán



FIGURA 5. Yacimientos con humanos modernos del Paleolítico superior analizados hasta la fecha.

de Neuessing (Grupe *et al.*, 2003), el rumano de Pesteru cu Oase (Trinkaus *et al.*, 2003), y el catalán de Balma Guilanyà (García-Guixé *et al.*, 2009). Los resultados de la fachada mediterránea peninsular de Cova del Parpalló y Cueva de Nerja (Salazar-García, 2012) están en vías de estudio y pronto podrán ser publicados.

Existen diferencias entre distintos momentos y distintos lugares dentro de la cronología y geografía del Paleolítico superior en el continente europeo. Entre los humanos de las fases más antiguas del Paleolítico superior (hasta 20 000 años BP), los valores de isótopos estables del carbono muestran que la mayoría de los humanos tenían una dieta en la que toda la proteína era de origen terrestre. Por su parte, los análisis de isótopos estables del nitrógeno de este mismo periodo muestran a algunos individuos (Kostenki 1, Oase, Dolní Věstonice y Brno-Francouszká) con unos valores más altos de los que se esperaría para una dieta basada en herbívoros terrestres y que significaría que estos dos individuos consumirían alimentos de agua dulce en grandes cantidades. Y, aunque escasa la evidencia, también hay algo de consumo de proteína marina en este periodo en el yacimiento litoral de Paviland, su valor  $\delta^{13}\text{C}$  indica el consumo de recursos marinos en un rango de entre el 10-15% de la proteína total ingerida (Richards *et al.*, 2001). De los momentos del Paleolítico superior posteriores a 20 000 años BP se cuenta con más individuos analizados. Los datos de los isótopos estables del carbono indican en general que en esta fase la mayoría de los humanos consumían proteína de origen terrestre, como en la fase anterior. No obstante los datos isotópicos indican también para un número mayor de individuos que se consumían de forma importante recursos de origen marino, apreciándose asimismo una proporción mayor de proteína marina en la dieta en todos los casos con respecto al periodo anterior, como en el caso de los restos de Kendrick's Cave. Por su parte, los análisis de isótopos estables del nitrógeno se expanden por un amplio

YACIMIENTO/INDIVIDUO	DATACIÓN	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Abri Pataud	ca. 18000 BP	-20.4	*
Abri Pataud	ca. 18000 BP	-19.9	*
Abri Pataud	ca. 18000 BP	-20.3	*
Abri Pataud	ca. 18000 BP	-20.0	*
Arene Candide	23440 ± 190 BP	-17.6	12.4
Balma Guilanyà	11095 ± 195 BP	-19.6	6.7
Balma Guilanyà	10195 ± 255 BP	-19.9	6.8
Brno-Francouzska 2	23680 ± 200 BP	-19.0	12.3
Cap Blanc	ca. 12000 BP	-18.8	*
Cro-Magnon	ca. 25-30000 BP	-19.4	*
Cro-Magnon	ca. 25-30000 BP	-19.5	*
Cro-Magnon	ca. 25-30000 BP	-19.6	*
Cro-Magnon	ca. 25-30000 BP	-19.9	*
Dolni Vestonice 35	22840 ± 200 BP	-18.8	12.3
Duruthy	ca. 11500 BP	-19.4	*
Eel Point	24470 ± 110 BP	-19.7	11.4
Gough's Cave	11820 ± 120 BP	-18.6	8.0
Gough's Cave	ca. 12000 BP	-18.5	7.1
Gough's Cave	12300 ± 100 BP	-18.6	6.5
Gough's Cave	11700 ± 100 BP	-19.1	5.4
Gough's Cave	11480 ± 100 BP	-19.2	6.2
Grotta del Romito 2	-	-20.0	10.3
Grotta del Romito 3	-	-19.3	10.1
Grotta del Romito 4	11340 ± 90 BP	-19.6	10.0
Grotta del Romito 5	10862 ± 70 BP	-19.7	9.3
Grotta del Romito 6	-	-19.5	8.9
Grotta del Romito 7	-	-19.1	9.7
Grotta del Romito 8	-	-19.5	9.7
Grotta del Romito 9	13915 ± 70 BP	-18.9	12.4
Kendrick's Cave	11760 ± 90 BP	-18.1	13.7
Kendrick's Cave	12090 ± 90 BP	-17.7	13.9
Kendrick's Cave	11930 ± 90 BP	-18.0	13.4
Kendrick's Cave	11880 ± 90 BP	-17.9	13.8
Kostenki 1	32600 ± 1,100 BP	-18.2	15.3
Kostenki 18	21020 ± 180 BP	-19.1	13.1
La Madelaine	ca. 13000 BP	-20.0	*
La Rochette	ca. 25000 BP	-17.1	11.2
Mal'ta 1	19880 ± 160 BP	-18.4	12.2
Neuessing	16200 cal BC	-19.7	11.6
Pestera cu Oase	34950 + 990/890 BP	-18.8	14.2
Paviland 1	25840 ± 280 BP	-18.4	9.3
Saint-Germain-la-Riviere	15780 ± 200 BP	-19.2	10.2
Sandalja	11025 ± 60 BP	-20.8	13.0
Sun Hole Cave	12210 ± 160 BP	-19.8	7.2
Sunghir 1	22930 ± 200 BP	-19.2	11.3
Sunghir 2	23830 ± 220 BP	-19.0	11.2
Sunghir 3	24100 ± 240 BP	-18.9	11.3

CUADRO 2. Valores  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y datación de humanos del Paleolítico superior europeo (elaborada a partir de las distintas fuentes mencionadas en el texto).

intervalo entre los humanos de este periodo. Van, desde valores muy altos por el aporte de proteína marina como en Kendrick's Cave o el aporte de proteína de agua dulce en Sandalja, hasta valores muy bajos como en Gough's Cave o Sun Hole Cave que implican la ausencia de ésta. En cuanto al único yacimiento de estas cronologías de la Península Ibérica del que se han publicado los valores isotópicos hasta la fecha, Balma Guilanyà,

muestra que la mayoría de la proteína alimentaria deriva del consumo de herbívoros terrestres como el ciervo o la cabra, y que los recursos vegetales fueron sólo un aporte menor de la proteína total consumida.

Todas estas diferencias internas vistas para el Paleolítico superior, especialmente durante su fase final, indican que las pautas económicas de las poblaciones de humanos anatómicamente modernos del Pleistoceno superior varían tanto entre zonas geográficas como entre poblaciones cercanas. Ello implica tanto una capacidad de adaptación importante de éstos al medio a medida que avanzaba el Paleolítico superior, como una variabilidad nada despreciable en sus pautas alimentarias y de actividad, lo que sin duda permitiría al humano moderno adaptarse mejor a los cambios climáticos, de flora y de fauna, permitiendo así un “triumfo” adaptativo frente al hombre de Neandertal en el tránsito del Paleolítico medio al Paleolítico superior en Eurasia, así como su posterior expansión por todo el planeta. A pesar de ello, los datos isotópicos indican que la proteína animal obtenida mediante la caza, especialmente la de herbívoros terrestres, fue el principal aporte de proteína dietética para la mayoría de los humanos de este periodo. De hecho, en la figura 6 se observa que muchos humanos modernos tienen valores  $\delta^{15}\text{N}$  todavía más elevados que los Neandertales, lo que se puede interpretar como que los primeros eran al menos igual de dependientes de la carne animal que los segundos (Lee-Thorp y Sponheimer, 2006). Es por esto último por lo que es necesario reconsiderar el papel de la alimentación como factor decisivo en la sustitución de unos homínidos por otros en el continente eurasiático. Y es que, si los humanos modernos consumían una mayor variedad de recursos que los Neandertales (diferencia en términos cualitativos) pero sin embargo el grueso de su dieta seguía siendo el aporte de grandes y medianos herbívoros como en el caso de los Neandertales (similitud en términos cuantitativos), ¿hasta qué punto es apropiado cargar al tipo de alimentación la responsabilidad de la “victoria” de unos y la “derrota” de otros? Veamos a continuación si estudiando los micro-restos vegetales de estas cronologías puede o no observarse una diferencia en el consumo de otro tipo de recursos (los vegetales) entre las dos especies de homínidos.

#### MICRO-RESTOS VEGETALES COMO MARCADORES DE LA ALIMENTACIÓN PALEOLÍTICA

Basándose en una variedad de métodos entre los cuáles se incluyen los ya comentados análisis de isótopos estables del carbono y del nitrógeno (Richards y Trinkaus, 2009), los estudios de huesos de fauna de yacimientos arqueológicos (Stiner *et al.*, 2000), y los análisis comparativos de útiles (Shea, 2006), varios investigadores han reconstruido lo que los Neandertales y primeros humanos modernos comían. En general, y como ya hemos visto,

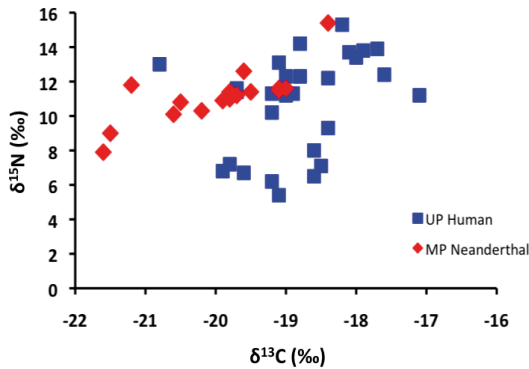


FIGURA 6. Gráfica con valores  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  de Neandertales del Paleolítico medio y humanos modernos del Paleolítico superior europeos.

estos métodos sugieren que los Neandertales tuvieron una dieta restringida a tan sólo unos pocos alimentos, mayoritariamente animales de mediano y gran tamaño, mientras que los humanos modernos consumieron una amplia variedad de recursos que les habría otorgado una ventaja adaptativa frente a los primeros (O'Connell, 2006; Stiner y Kuhn, 2009). Ya hemos comentado que este modelo se centra en recursos cárnicos, y muy poco es todavía conocido sobre los recursos vegetales que pudieron haber consumido ambos grupos de homínidos. Se desconoce todavía si las plantas fueron alimentos importantes para ambos grupos, o si el consumo de recursos vegetales imita los patrones observados entre ambos grupos para otros tipos de alimentos. En otras palabras, no sabemos si los Neandertales consumieron menos especies de plantas que los primeros humanos modernos, y lo que ello supondría para el comportamiento de ambos grupos.

Para poder reconstruir cómo los Neandertales y los primeros humanos modernos utilizaron los recursos vegetales, los autores han recogido muestras de útiles líticos y cálculos dentales de 20 yacimientos de Europa, Oriente Próximo y África. Entre estos yacimientos se incluyen algunos relacionados con grupos Neandertales y otros relacionados con humanos modernos paleolíticos. De todas estas muestras se ha obtenido un gran número de micro-restos vegetales, incluyendo tanto fitolitos como granos de almidón (Henry, 2010). Utilizaremos aquí a modo explicativo los resultados obtenidos en dos de los yacimientos de Oriente Próximo, Shanidar y Skhul, que son representativos del patrón global observado en todos los yacimientos estudiados.

El yacimiento de Shanidar en Irak ha proporcionado varios esqueletos Neandertales (Solecki, 1963), de entre los cuáles se tomó muestras de tres cálculos dentales de un individuo adulto masculino para este estudio (Shanidar III). De estos cálculos dentales se obtuvo un número considerable de micro-restos vegetales, tanto de fitolitos como de granos de almidón, de al menos 43 diferentes tipos de plantas. De entre los fitolitos recuperados, destaca la abundante presencia de fitolitos típicos de los dátiles, fruto de la palmera. Por otra



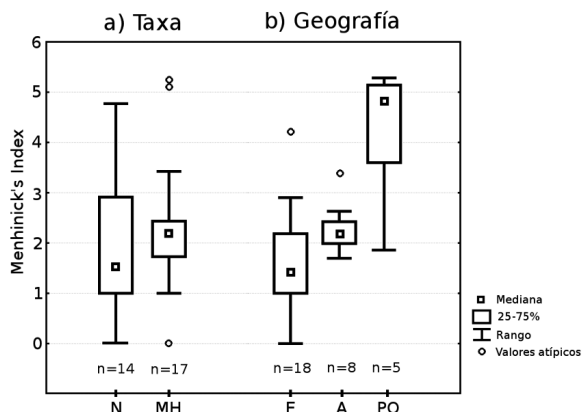


FIGURA 7. Número de especies vegetales consumidas por diferentes grupos, medido con el Índice de Menhinick. a: muestras agrupadas por taxón (Mann-Whitney U  $p=0.22$ ); b: muestras agrupadas por área geográfica (Kruskal-Wallis  $p=0.002$ ).

parte, de entre los 73 granos de almidón recuperados, 10 poseían una morfología única y diagnóstica que los identificaba como procedentes de semillas de hierbas del género *Hordeum*, dentro del cual se encuentran la cebada y sus parientes cercanos (Henry *et al.*, 2011). Además, otros 15 granos de almidón presentaban el patrón morfológico de daño típico que aparece en las plantas de la tribu *Triticeae* tras procesos de cocción, tribu que incluye el trigo, la cebada, el arroz o el centeno entre otras hierbas de grandes semillas. La presencia de ambos tipos de grano de almidón indican que este individuo recogía y consumía semillas de cebada salvaje y probablemente también de otras hierbas filogenéticamente próximas a ella. Aunque otros tipos de granos de almidón fueron también recuperados, a día de hoy aún no han podido ser identificados.

En cuanto a Skhul, éste es un yacimiento de humanos modernos paleolíticos de Israel (McCown, 1937) del cual se tomaron muestras de 23 útiles líticos. De estas muestras se recuperó una cantidad numerosa de micro-restos vegetales que demuestran que la población de Skhul consumía también semillas de hierbas de la tribu *Triticeae*, así como dátiles y otros 49 tipos de vegetales cuyas especies aún no se han identificado. Como vemos, los humanos modernos de Skhul y los Neandertales de Shanidar poseían dietas similares desde el punto de vista del aporte vegetal: ambas poblaciones consumían un similar tipo y número de recursos vegetales. Y esto es algo representativo de lo que ocurre en todo el resto de yacimientos que estamos estudiando. De hecho, y tomando todas las muestras analizadas, existe muy poca diferencia en cuanto a la variedad de especies de plantas que los Neandertales y humanos modernos consumieron (Henry *et al.*, en revisión), tal y cómo se ve estadísticamente utilizando el Índice de Menhinick (los valores de dicho índice son una medición del número de especies de plantas diferentes que una población consumió, controlado por tamaño de muestra, significando altos valores que más especies de plantas fueron consumidas). Como se puede observar en la figura 7a, no existe diferencia estadística significativa ni en las medias

ni en los rangos de los índices de Menhinck entre las poblaciones estudiadas de Neandertales y de humanos anatómicamente modernos. No obstante, dentro de cada uno de los propios grupos (Neandertales y humanos modernos) existe variación. Estas variaciones internas en el consumo de recursos vegetales podrían ser el fruto de factores como por ejemplo la zona geográfica y no la especie humana. De hecho, al agrupar las poblaciones por región geográfica en vez de por especies se ve en la figura 7b cómo los grupos de Oriente Próximo consumían un mayor número de especies de plantas que los grupos europeos o africanos, sugiriendo este patrón que ambas especies humanas adaptaron el uso de recursos vegetales a los entornos locales en los que vivieron.

En resumen, estos resultados del estudio de micro-restos vegetales muestran que existen pocas diferencias entre cómo los Neandertales y los humanos modernos paleolíticos usaban los recursos vegetales. Ambos grupos consumían una gran variedad de plantas, e incluso usaban los mismos tipos de recursos como en el caso de las semillas de hierbas de la tribu *Triticeae* o los dátiles, y variaban el consumo de recursos vegetales según su entorno medioambiental. Estos resultados contrastan con los observados en el registro zooarqueológico, que sugiere que los Neandertales consumían un menor abanico de recursos que los humanos modernos. Así pues, estudiar los recursos vegetales es sumamente importante al proporcionar éstos información de consumo de plantas que no podríamos obtener mediante muchos de los otros métodos utilizados para reconstruir la dieta de nuestros antepasados. Complementar diferentes estudios como los análisis tradicionales de fauna, los análisis isotópicos y los estudios de micro-restos vegetales permite ampliar la visión de la dieta de nuestros antepasados y comprender mejor su comportamiento.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a V. Villaverde, M. P. Richards, A. Brooks y D. Piperno por ofrecer y apoyar la opción de trabajar en esta temática. A su vez, agradecen el acceso a las muestras al Smithsonian National Museum of Natural History (R. Potts, M. Zeder, J. Clark) y al Peabody Museum de Harvard (O. Bar-Yosef). Agradecer a los organizadores de las I Jornades d'arqueozoològia del Museu de Prehistòria de València su invitación a participar. Este trabajo ha podido ser realizado gracias al apoyo económico del extinto Ministerio de Ciencia e Innovación español, al US NSF, a la Smithsonian Institution, a la Wenner-Gren Foundation y a la Sociedad Max-Planck (Dr. J. J. Hublin).

#### BIBLIOGRAFÍA

Ambrose, S. H. (1998): Prospects for stable isotopic analysis of later Pleistocene hominid diets in West Asia and Europe. En T. Akazawa, K. Aoli y O. Bar-Yosef (eds.), *Origin of Neanderthals and Humans in West Asia*. Plenum Press, New York, 277-289.

- Ambrose, S. H., Norr, L. (1993): Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. En J. B. Lambert y G. Gruppe (eds.), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*. Springer Verlag, Berlin, 1-37.
- Aranguren, B., Becattini, R., Lippi, M. M., Revedin, A. (2007): Grinding flour in Upper Palaeolithic Europe (25 000 years BP). *Antiquity* 81, 845-855.
- Balme, J., Beck, W. E. (2002): Starch and charcoal: Useful measures of activity areas in archaeological rockshelters. *Journal of Archaeological Science* 29, 157-166.
- Bamford, M. K., Albert, R. M., Cabanes, D. (2006): Plio-Pleistocene macroplant fossil remains and phytoliths from Lowermost Bed II in the eastern paleolake margin of Olduvai Gorge, Tanzania. *Quaternary International* 148, 95-112.
- Barton, H. (2007): Starch residues on museum artefacts: implications for determining tool use. *Journal of Archaeological Science* 34, 1752-1762.
- Barton, H., Matthews, P. J. (2006): Taphonomy. En R. Torrence y H. Barton (eds.), *Ancient Starch Research*. Left Coast Press, California, 75-94.
- Batts, J. E., Calder, L. J., Batts, B. D. (2004): Utilizing stable isotope abundance of lichens to monitor environmental change. *Chemical Geology* 204, 345-368.
- Beauval, C., Lacrampe-Cuvaubere, F., Maureille, B., Trinkaus, E. (2006): Direct radiocarbon dating and stable isotopes of the Neandertal femur from Les Rochers de Villeneuve. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 18, 35-42.
- Beazley, M. J., Rickman, R. D., Ingram, D. K., Boutton, T. W., Russ, J. (2002): Natural abundances of carbon isotopes ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) in lichens and calcium oxalate pruína: implications for archaeological and paleoenvironmental studies. *Radiocarbon* 44, 675-683.
- Biliaderis, C. G. (2009): Structural transitions and related physical properties of starch. En J. BeMiller y R. Whistler (eds.), *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press, New York, 293-372.
- Blanshard, J. M. V. (1987): Starch granule structure and function: a physicochemical approach. En T. Galliard (ed.), *Starch: properties and potential*. John Wiley and Sons, New York, 16-54.
- Bliege Bird, R. (1999): Cooperation and conflict: The behavioral ecology of the sexual division of labor. *Evolutionary Anthropology* 8, 65-75.
- Bocherens, H., Drucker, D. (2003a): Reconstructing Neanderthal diet from 120 000 to 30 000 BP using carbon and nitrogen isotopic abundances. En M. Patou-Mathis y H. Bocherens (eds.), *Le rôle de l'environnement dans les comportements des chasseurs-cueilleurs préhistoriques*. British Archaeological Reports International Series 1105, Oxford, 1-7.
- Bocherens, H., Drucker, D. (2003b): Reconstructing Neanderthal diet from 120 000 to 30 000 BP using carbon and nitrogen isotopic abundances. En M. Patou-Mathis y H. Bocherens (eds.), *Le rôle de l'environnement dans les comportements des chasseurs-cueilleurs préhistoriques*. British Archaeological Reports International Series 1105, Oxford, 1-7.

- Bocherens, H., Drucker, D., Billiou, D., Patou-Mathis, M., Vandermeersch, B. (2005): Isotopic evidence for diet and subsistence pattern of the Saint-Césaire I Neanderthal: review and use of a multi-source mixing model. *Journal of Human Evolution* 49, 71-87.
- Bocherens, H., Toussaint, M., Billiou, D., Patou-Mathis, P., Bonjean, D., Otte, M., Mariotti, A. (2001): New isotopic evidence for dietary habits of Neanderthals from Belgium. *Journal of Human Evolution* 40, 497-505.
- Bocherens, H., Billiou, D., Patou-Mathis, M., Otte, M., Toussaint, M., Bonjean, D., Mariotti, A. (1999): Palaeoenvironmental and palaeodietary implications of isotopic biogeochemistry of late interglacial Neanderthal and mammal bones in Scladina Cave (Belgium). *Journal of Archaeological Science* 26, 599-607.
- Carmody, R. N., Wrangham, R. W. (2009): Cooking and the human commitment to a high-quality diet. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 74, 427-434.
- Chisholm, B. S., Nelson, D. E., Schwarcz, H. P. (1982): Stable carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. *Science* 216, 1131-1132.
- Cortella, A. R., Pochettino, M. L. (1994): Starch grain analysis as a microscopic diagnostic feature in the identification of plant material. *Economic Botany* 48, 171-181.
- Craig, O. E., Biazzo, M., Colonese, A. C., Di Giuseppe, Z., Martínez-Labarga, C., Lo Vetro, D., Lelli, R., Martine, F., Rickards, O. (2010): Stable isotope analysis of Late Upper Palaeolithic human and faunal remains from Grotta del Romito (Cosenza, Italy). *Journal of Archaeological Science* 37, 2504-2512.
- De Niro, M., Epstein, S. (1978): Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42, 495-506.
- De Niro, M., Epstein, S. (1981): Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49, 97-115.
- Deines, P. (1980): *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*. Elsevier Science and Technology, Amsterdam.
- Drucker, D., Henry-Gambier, D. (2005): Determination of the dietary habits of a Magdalenian woman from Saint-Germain-la-Rivière in southwestern France using stable isotopes. *Journal of Human Evolution* 49, 19-35.
- Feranec, R., García, N., Diez, J. C., Arsuaga, J. L. (2010): Understanding the ecology of mammalian carnivores and herbivores from Valdegoba cave (Burgos, northern Spain) through stable isotope analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297, 263-272.
- Fizet, M., Mariotti, A., Bocherens, H., Lange-Badre, B., Vandermeersch, B., Borel, J. P., Bellon, G. (1995): Effect of diet, physiology and climate on carbon and nitrogen isotopes of collagen in a late Pleistocene anthropic paleoecosystem (France, Charente, Marillac). *Journal of Archaeological Science* 22, 67-79.
- Frayse, F., Pokrovsky, O. S., Schott, J., Meunier, J. D. (2009): Surface chemistry and reactivity of plant phytoliths in aqueous solutions. *Chemical Geology* 258, 197-206.

- Fullagar, R., Field, J., Denham, T., Lentfer, C. (2006): Early and mid Holocene tool-use and processing of taro (*Colocasia esculenta*), yam (*Dioscorea* sp.) and other plants at Kuk Swamp in the highlands of Papua New Guinea. *Journal of Archaeological Science* 33, 595-614.
- Gamble, C. (1999): *The Paleolithic Societies of Europe*. Cambridge University Press.
- García-García, N., Feranec, R. S., Arsuaga, J. L., Bermúdez de Castro, J. M., Carbonell, E. (2009): Isotopic analysis of the ecology of herbivores and carnivores from the Middle Pleistocene deposits of the Sierra de Atapuerca, northern Spain. *Journal of Archaeological Science* 36, 1142-1151.
- García-Guixé, E., Martínez-Moreno, J., Mora, R., Núñez, M., Richards, M. P. (2009): Stable isotope analysis of human and animal remains from the Late Upper Palaeolithic site of Balma Guilanyà, southeastern Pre-Pyrenees, Spain. *Journal of Archaeological Science* 36, 1018-1026.
- Gaudzinski, S. (1996): On bovid assemblages and their consequences for the knowledge of subsistence patterns in the Middle Paleolithic. *Proceedings of the Prehistoric Society* 62, 19-39.
- Grupe, G., Mikić, Ž., Peters, J., Manhart, H. (2003): Vertebrate food webs and subsistence strategies of Meso and Neolithic populations of Central Europe. En G. Grupe y J. Peters (eds.), *Decyphering ancient bones. The research potential of bioarchaeological collections*. Documentae Archaeologiae, Verlag Marie Leidorf, Rahden, 193-213.
- Hardy, B. L., Bolus, M., Conard, N. J. (2008): Hammer or crescent wrench? Stone-tool form and function in the Aurignacian of southwest Germany. *Journal of Human Evolution* 54, 648-662.
- Haslam, M. (2004): The decomposition of starch grains in soils: implications for archaeological residue analysis. *Journal of Archaeological Science* 31, 1715-1734.
- Hayden, B., Chisholm, B., Schwarcz, H. (1987): Fishing and foraging: Marine resources in the Upper Paleolithic of France. En O. Soffer (ed.), *The Pleistocene Old World: Regional Perspectives*. Plenum Press, New York, 279-291.
- Hedges, R. E. M., Reynard, L. M. (2007): Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34, 1240-1251.
- Henry, A. G. (2010): *Plant foods and the dietary ecology of Neanderthals and modern humans*. Tesis doctoral inédita. George Washington University.
- Henry, A. G., Brooks, A. S., Piperno, D. R. (2011): Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108, 486-491.
- Henry, A. G., Ungar, P. S., Passey, B. H., Sponheimer, M., Rossouw, L., Bamford, M., Sandberg, P., de Ruiter, D. J., Berger, L. (2012): The diet of *Australopithecus sediba*. *Nature* 487, 90-93.
- Henry, A. G., Brooks, A. S., Piperno, D. R., Rose, T. (2010): Assessing dental calculus as a source of archaeological plant microfossils using ESEM/EDS. *Abstracts of the Society for American Archaeology*.
- Higham, T., Bronk-Ramsey, C., Karavanic, I., Smith, F. H., Trinkaus, E. (2006): Revised direct radiocarbon dating of the Vindija G<sub>1</sub> Upper Paleolithic Neanderthals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103, 553-557.

- Horrocks, M., Irwin, G., Jones, M., Sutton, D. (2004): Starch grains and xylem cells of sweet potato (*Ipomoea batatas*) and bracken (*Pteridium esculentum*) in archaeological deposits from northern New Zealand. *Journal of Archaeological Science* 31, 251-258.
- Horrocks, M., Jones, M. D., Beever, R. E., Sutton, D. G. (2002): Analysis of plant microfossils in prehistoric coprolites from Harataonga Bay, Great Barrier Island, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 32, 617-628.
- Hublin, J. J., Weston, D., Gunz, P., Richards, M., Roebroeks, W., Glimmerveen, J., Anthonis, L. (2009): Out of the North Sea: the Zeeland Ridges Neanderthal. *Journal of Human Evolution* 57, 777-785.
- Iacumin, P., Nikolaev, V., Ramigni, M. (2000): C and N stable isotope measurements on Eurasian fossil mammals, 40 000 to 10 000 years BP: Herbivore physiologies and palaeoenvironmental reconstruction. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 163, 33-47.
- Jim, S., Jones, V., Ambrose, S. H., Evershed, R. P. (2006): Quantifying dietary macronutrient sources of carbon for bone collagen biosynthesis using natural abundance stable carbon isotope analysis. *British Journal of Nutrition* 95, 1055-1062.
- Jin, Y., Yip, H. K. (2002): Supragingival calculus: Formation and control. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 13, 426-441.
- Katzenberg, M. A. (2008): Stable Isotope Analysis: A tool for studying past diet, demography, and life history. En M. A. Katzenberg (dir.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley, New Jersey, 413-441.
- Kelly, R. L. (1995): *The Foraging Spectrum: Diversity in hunter-gatherer lifeways*. The Smithsonian Institution Press, Washington.
- Kelso, G. K., Mrozowski, S. A., Currie, D., Edwards, A. C., Brown, M. R., Horning, A. J., Brown, G. J., Dandoy, J. R. (1995): Differential pollen preservation in a seventeenth-century refuse pit, Jamestown Island, Virginia. *Historical Archaeology* 29, 43-54.
- Krause, J., Orlando, L., Serre, D., Viola, B., Prüfer, K., Richards, M. P., Hublin, J. J., Hänni, C., Derevianko, A. P., Pääbo, S. (2007): Neanderthals in central Asia and Siberia. *Nature* 449, 902-904.
- Laden, G., Wrangham, R. (2005): The rise of the hominids as an adaptive shift in fallback foods: Plant underground storage organs (USOs) and australopith origins. *Journal of Human Evolution* 49, 482-498.
- Lalueza-Fox, C., Pérez-Pérez, A. (1993): The diet of the Neanderthal child Gibraltar 2 (Devil's Tower) through the study of the vestibular striation pattern. *Journal of Human Evolution* 24, 29-41.
- Lee-Thorp, J. A., Sponheimer, M. (2006): Contributions of Biogeochemistry to Understanding Hominin Dietary Ecology. *Yearbook of Physical Anthropology* 49, 131-148.
- Lev, E., Kislev, M. E., Bar-Yosef, O. (2005): Mousterian vegetal food in Kebara Cave, Mt. Carmel. *Journal of Archaeological Science* 32, 475-484.
- Li, M. Q., Yang, X. Y., Wang, H., Wang, Q., Jia, X., Ge, Q. S. (2010): Starch grains from dental calculus reveal ancient plant foodstuffs at Chenqimogou site, Gansu Province. *SCIENCE CHINA Earth Sciences* 53, 694-699.

- Lieverse, A. R. (1999): Diet and the aetiology of dental calculus. *International Journal of Osteoarchaeology* 9, 219-232.
- Lindeberg, S., Cordain, L., Eaton, S. B. (2003): Biological and clinical potential of a Palaeolithic diet. *Journal of Nutritional and Environmental Medicine* 13, 149-160.
- Loy, T. H., Spriggs, M., Wickler, S. (1992): Direct evidence for human use of plants 28 000 years ago: starch residues on stone artefacts from the northern Solomon Islands. *Antiquity* 66, 898-912.
- Madella, M., Alexandre, A., Ball, T. (2005): International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96, 253-260.
- Massey, F. P., Ennos, A. R., Hartley, S. E. (2007a): Grasses and the resource availability hypothesis: the importance of silica-based defences. *Journal of Ecology* 95, 414-424.
- Massey, F. P., Ennos, A. R., Hartley, S. E. (2007b): Herbivore specific induction of silica-based plant defences. *Oecologia* 152, 677-683.
- Massey, F. P., Hartley, S. E. (2006): Experimental demonstration of the antiherbivore effects of silica in grasses: impacts on foliage digestibility and vole growth rates. *Proceedings of the Royal Society B* 273, 2299-2304.
- Mateu-Andrés, I. (1993): A revised list of the European C<sub>4</sub> plants. *Photosynthetica* 26, 323-331.
- McCown, T. D. (1937): Mugharet es-Skhul. Description and excavations. En D. A. E. Garrod y D. M. E. Bate (eds.), *The stone age of Mount Carmel: Excavations at the wady el-Mughara*. Oxford University Press, 91-112.
- Mellars, P. (1996): *The Neanderthal Legacy: An Archaeological Perspective from Europe*. Princeton University Press.
- Merwe, van der N. J., Medina, E. (1989): Photosynthesis and <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C ratios in amazonian rain forests. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 1091-1094.
- Minagawa, M., Wada, E. (1984): Stepwise enrichment of <sup>15</sup>N along food chains: Further evidence and the relation between δ<sup>15</sup>N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 1135-1140.
- O'Connell, J. F. (2006): How did modern humans displace Neanderthals? Insights from hunter-gatherer ethnography and archaeology. En N. J. Conard (ed.), *When Neanderthals and modern humans met*. Kerns Verlag, Tübingen, 43-65.
- O'Connell, J. F., Hawkes, K., Jones, N. G. B. (1999): Grandmothering and the evolution of *Homo erectus*. *Journal of Human Evolution* 36, 461-485.
- Parr, J. F., Carter, M. (2003): Phytolith and starch analysis of sediment samples from two archaeological sites on Dauar Island, Torres Strait, northeastern Australia. *Vegetation Historical Archaeobotany* 12, 131-141.
- Pearsall, D. M. (2000): *Paleoethnobotany: A handbook of procedures*. Academic Press, San Diego.
- Pearsall, D. M., Chandler-Ezell, K., Zeidler, J. A. (2004): Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site. *Journal of Archaeological Science* 31, 423-442.
- Pérez, S., Baldwin, P. M., Gallant, D. J. (2009): Structural features of starch granules I. En J. BeMiller y R. Whistler (eds.), *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press, New York, 149-192.

- Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., Berman, M. J., Cooke, R. G., Rademaker, K., Ranere, A. J. (2007): Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315, 986-988.
- Pettitt, P. B., Richards, M. P., Maggi, R., Formicola, V. (2003): The Gravettian burial known as the Prince ("Il Principe"): new evidence for his age and diet. *Antiquity* 77, 15-19.
- Piperno, D. R. (2006): *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press, Maryland.
- Piperno, D. R., Dillehay, T. D. (2008): Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in Northern Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 19622-19627.
- Piperno, D. R., Holst, I. (1998): The presence of starch grains on prehistoric stone tools from the humid Neotropics: Indications of early tuber use and agriculture in Panama. *Journal of Archaeological Science* 25, 765-776.
- Piperno, D. R., Weiss, E., Holst, I., Nadel, D. (2004): Processing of wild cereal grains in the Upper Paleolithic revealed by starch grain analysis. *Nature* 430, 670-673.
- Piperno, D. R., Ranere, A. J., Holst, I., Hansell, P. (2000): Starch grains reveal early root crop horticulture in the Panamanian tropical forest. *Nature* 407, 894-897.
- Prasad, V., Stromberg, C. A. E., Alimohammadian, H., Sahni, A. (2005): Dinosaur coprolites and the early evolution of grasses and grazers. *Science* 310, 1177-1180.
- Rapp, G. J., Mulholland, S. C. (1992): *Phytolith systematics: Emerging issues*. Plenum Press, New York.
- Reichert, E. T. (1913): *The differentiation and specificity of starches in relation to genera, species, etc.* The Carnegie Institution of Washington.
- Reinhard, K. J., Danielson, D. R. (2005): Prevalence of phytoliths in prehistoric southwestern diet and implications for regional and temporal trends for dental microwear. *Journal of Archaeological Science* 32, 981-988.
- Revedin, A., Aranguren, B., Becattini, R., Longo, L., Marconi, E., Lippi, M. M., Kakun, N., Sinitsyn, A., Spiridonova, E., Svoboda, J. (2010): Thirty thousand-year-old evidence of plant food processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 18815-18819.
- Richards, M. P. (2002): A brief review of the archaeological evidence for Paleolithic and Neolithic subsistence. *European Journal of Clinical Nutrition* 56, 1270-1278.
- Richards, M. P., Schmitz, R. W. (2008): Isotope evidence for the diet of the Neanderthal type specimen. *Antiquity* 82, 553-559.
- Richards, M. P., Trinkaus, E. (2009): Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106, 16034-16039.
- Richards, M. P., Van Klinken, G. J. (1997): A survey of European human bone stable carbon and nitrogen isotope values. En A. G. M. Sinclair, E. A. Slater y J. A. J. Gowlett (eds.), *Archaeological Sciences 1995*. Oxbow Books, Oxford, 363-368.



- Richards, M. P., Taylor, G., Steele, T., McPherron, S. P., Soressi, M., Jaubert, J., Orschiedt, J., Mallye, J. B., Rendu, W., Hublin, J. J. (2008): Isotopic dietary analysis of a Neanderthal and associated fauna from the site of Jonzac (Charente-Maritime), France. *Journal of Human Evolution* 55, 179-185.
- Richards, M. P., Jacobi, R., Cook, J., Pettitt, P. B., Stringer, C. B. (2005): Isotope evidence for the intensive use of marine foods by Late Upper Paleolithic humans. *Journal of Human Evolution* 49, 390-394.
- Richards, M. P., Pettitt, P. B., Stiner, M. C., Trinkaus, E. (2001): Stable isotope evidence for increasing dietary breadth in the European mid-Upper Paleolithic. *Proceedures of the National Academy of Science of the United States of America* 98, 6528-6532.
- Richards M. P., Jacobi, R., Carrant, A., Stringer, C., Hedges, R. E. M. (2000a): Gough's Cave and Sun Hole Cave human stable isotope values indicate a high animal protein diet in the British Upper Paleolithic. *Journal of Archaeological Science* 27, 1-3.
- Richards, M. P., Pettitt, P. B., Trinkaus, E., Smith, F. H., Paunovic, M., Karavanic, I. (2000b): Neanderthal diet at Vindija and Neanderthal predation: The evidence from stable isotopes. *Proceedures of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97, 7663-7666.
- Robins, S. P., New, S. A. (1997): Markers of bone turnover in relation to bone health. *Proceedings of the Nutrition Society* 56, 903-914.
- Roby, J. F. (2009): Enzymes and their action on starch. En J. BeMiller y R. Whistler (eds.), *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press, New York, 237-292.
- Salazar-García, D. C. (2012): *Isótopos, dieta y movilidad en el País Valenciano. Aplicación a restos humanos del Paleolítico Medio al Neolítico Final*. Tesis doctoral inédita, Universitat de València.
- Sanson, G. D., Kerr, S. A., Gross, K. A. (2007): Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *Journal of Archaeological Science* 34, 526-531.
- Schoeller, D. A. (1999): Isotope fractionation: why aren't we what we eat? *Journal of Archaeological Science* 26, 667-673.
- Schulting, R. J., Trinkaus, E., Higham, T., Hedges, R. E. M., Richards, M. P., Cardy, B. (2005): A Mid-Upper Paleolithic human humerus from Eel Point, South Wales, UK. *Journal of Human Evolution* 48, 493-505.
- Seidemann, J. (1966): *Stärke-Atlas*. Paul Parey, Berlin.
- Shannon, J. C., Garwood, D. L., Boyer, C. D. (2009): Genetics and physiology of starch development. En J. BeMiller y R. Whistler (eds.), *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press, New York, 23-82.
- Shea, J. J. (2006): The Middle Paleolithic of the Levant: Recursion and convergence. En E. Hovers y S. L. Kuhn (eds.), *Transitions before the Transition: Evolution and stability in the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*. Springer, New York, 189-211.
- Sivak, M. M., Preiss, J. (1998): Starch: Basic science to biotechnology. *Advances In Food and Nutrition Research* 41, 43-74.

- Smith, F. H., Trinkaus, E., Pettitt, P. B., Karavanic, I., Paunovic, M. (1999): Direct radiocarbon dates for Vindija G<sub>1</sub> and Velika Pecina Late Pleistocene hominid remains. *Proceedures of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96, 12 281-12 286.
- Solecki, R. S. (1963): Prehistory in Shanidar Valley, northern Iraq. *Science* 139, 179-193.
- Stiner, M. C. (1994): *Honor among Thieves: A Zooarcheological Study of Neandertal Ecology*. Princeton University Press.
- Stiner, M. C., Kuhn, S. L. (2009): Paleolithic diet and the division of labor in Mediterranean Eurasia. En J. J. Hublin y M. P. Richards (eds.), *The evolution of hominin diets: Integrating approaches to the study of Palaeolithic subsistence*. Springer Verlag, Berlin, 157-170.
- Stiner, M. C., Munro, N. D., Surovell, T. A. (2000): The tortoise and the hare: Small-game use, the broad-spectrum revolution and Paleolithic demography. *Current Anthropology* 41, 39-73.
- Tauber, H. (1981): <sup>13</sup>C evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark. *Nature* 292, 332-333.
- Thomas, D. H. (1981): Complexity among Great Basin Shoshoneans: The World's Least affluent Hunter-Gatherers? En S. Koyama y D. Hurst Thomas (eds.), *Affluent Foragers. Senri Ethnological Studies*. Osaka, National Museum of Ethnology, 19-52.
- Torrence, R., Barton, H. (2006): *Ancient starch research*. Left Coast Press, California.
- Torrence, R., Wright, R., Conway, R. (2004): Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science* 31, 519-532.
- Trinkaus, E., Moldvan, O., Milota, S., Bilgar, A., Sarcina, L., Athreya, S., Bailey, S. E., Rodrigo, R., Mircea, G., Higham, T., Bronk Ramsey, C., Van der Plicht, J. (2003): An early modern human from the Pesteta cu Oase, Romania. *Proceedures of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 11231-11236.
- Ugent, D., Pozorski, S., Pozorski, T. (1982): Archaeological potato tuber remains from the Casma Valley of Peru. *Economic Botany* 36, 182-192.
- Ugent, D., Pozorski, S., Pozorski, T. (1986): Archaeological manioc (Manihot) from Coastal Peru. *Economic Botany* 40, 78-102.
- Van Peer, P., Fullagar, R., Stokes, S., Bailey, R. M., Moeyersons, J., Steenhoudt, F., Geerts, A., Vanderbeken, T., Dapper, M. D., Geus, F. (2003): The Early to Middle Stone Age transition and the emergence of modern human behavior at site 8-B-11, Sai Island, Sudan. *Journal of Human Evolution* 45, 187-193.
- Vogel, J. C. (1978): Isotopic assessment of the dietary habits of ungulates. *South African Journal of Science* 74, 298-30.
- Warinner, C., Cappellini, E., Collins, M. J., Gilbert, M. T. P., Rühli, F. (2012): Dental calculus: A novel biomolecular reservoir of ancient dietary and health indicators. En *Abstracts of the Society for American Archaeology*, 364.