

Reconstrucción de paleodietas homínidas a partir del análisis de isótopos estables

Reconstruction of hominid paleodiets from stable isotope analysis

Jordi Rubio Parias

Resumen

En este trabajo realizamos una aproximación a los datos publicados hasta la fecha sobre la alimentación de las especies más importantes de homínidos del Plio-Pleistoceno. Para ello, nos centraremos principalmente en los análisis isotópicos, utilizados en la reconstrucción paleodietaria desde la década de los 70. El estudio de las paleodietas homínidas a partir de técnicas de análisis como los análisis de isótopos estables destruye viejos paradigmas. No obstante, los resultados que nos ofrecen estos estudios son a menudo difíciles de interpretar, además, la información que nos aportan es en ocasiones contradictoria con los datos obtenidos tanto a través de otras técnicas analíticas, como de las evidencias de carácter secundario que nos ofrece el registro fósil. En este trabajo sometemos a debate todas estas informaciones en las especies seleccionadas, ofreciendo un discurso crítico acerca de nuestro conocimiento de la alimentación de nuestros ancestros.

Palabras clave: isótopos estables, paleodieta, homínidos, Plio-Pleistoceno.

Abstract

This work, constitutes an approach to the data published to the most important Plio-Pleistocene hominids feeding from the available data published so far. To achieve this, we mainly focus on the isotope analysis used on the paleodietary reconstruction since the 70's. This study of the hominid paleodiet from stable isotopes destroys old paradigms, and also, the information can go against the data obtained through other analytical techniques, as well as the secondary evidences from the fossil record. In this work, we debate all this information from selected species, offering a critical speech about our knowledge of our ancestors feeding.

Key words: stable isotopes, paleodiet, hominids, Plio-Pleistocene

1. Introducción

El género *Homo* ha experimentado a lo largo de su evolución importantes variaciones en las características de su dieta. Algunos autores han propuesto que esa adaptabilidad pueda ser una de las razones del éxito de la especie (Schoeninger y Moore, 1992; Schwarcz y Schoeninger, 1991). Nuestros antepasados

han sido capaces de sobrevivir con dietas puramente basadas en carne, en vegetales o combinando ambas, lo cual se ha traducido en una evolución del propio género, su expansión y el desarrollo de distintos modos de carácter social, económico y cultural. Existe una gran importancia en los estudios sobre paleodietas de los homínidos del

Plio-Pleistoceno¹, ya que estos empleaban más del 50% de su tiempo en buscar comida (Altmann y Altmann, 1970). El interés radica en la importancia de conocer su influencia en el patrón del cambio evolutivo, así como sus consecuencias sociales, lo cual, al mismo tiempo, sirve para conocer las propias adaptaciones del género *homo* (Schoeninger y Moore, 1992). Estos datos también permiten extrapolar otro tipo de información de carácter conductual o evolutivo y avanzar, ya no solo en los estudios arqueológicos, sino también en otras disciplinas como la primatología, las ciencias de la nutrición o la medicina evolutiva (Richards y Hublin, 2009).

La aproximación a las paleodietas humanas en arqueología puede realizarse desde diversas perspectivas, que muchas veces actúan como complementarias. Por un lado, podemos hablar de aproximaciones directas, entre las que incluimos los análisis isotópicos, que centran nuestro interés en este trabajo, pero también el análisis de oligoelementos o el estudio del microdesgaste u los patrones de estriación dentarios. Otras analíticas realizadas directamente sobre restos paleoantropológicos, como el desgaste oclusal dentario, la presencia o no de caries como indicador de dieta cerealística y diversos marcadores de procesos anémicos pueden ser consideradas como aproximaciones indirectas.

Sin embargo, el estudio de las paleodietas no se basa siempre en el estudio directo del registro paleoantropológico. Las evidencias indirectas de la alimentación humana son abundantes en el registro arqueológico, como por ejemplo los restos de animales y plantas, estudiados por la arqueozoología y la tafonomía en el primer caso y por las diferentes disciplinas arqueobotánicas como la fitolitología, la palinología y la carpología en el segundo. Del mismo modo, también podemos incluir otra serie de estudios de materiales poco habituales en el registro por su difícil conservación como el estudio de coprolitos y mulduras. Estos vestigios permiten reconocer plantas consumidas y proteína animal, pero al mismo tiempo, son muy sensibles a las alteraciones provocadas por procesos diagenéticos (Schoeninger y Moore, 1992). Otro tipo de restos que ayudan a la reconstrucción de las paleodietas son los tecnocomplejos líticos u óseos que aparecen en los yacimientos arqueológicos. Los estudios de huellas de uso sobre estos materiales

pueden revelar su aprovechamiento para el procesado cárnico o de material vegetal, en este último caso pudiéndose combinar el estudio de los micropulidos con la fitolitología.

2. Isótopos estables

El estudio de isótopos estables en la reconstrucción de paleodietas se fundamenta en la idea de que “somos lo que comemos” (DeNiro y Epstein, 1978; Vogel, 1978). Las trazas de isótopos se quedan grabadas en algunos tejidos del cuerpo como el colágeno o el esmalte dental, pudiendo permanecer y resistir a las alteraciones postdeposicionales, de modo que a través de análisis se pueda identificar cuáles eran las dietas consumidas y su proporción en la dieta total (Schoeninger y Moore, 1992).

¿Qué es un isótopo?

Un isótopo es un átomo de un mismo elemento cuyo núcleo contiene el mismo número de protones, pero difiere en el de neutrones (Hoefs, 1987), ocupando la misma posición en la tabla periódica. Es decir, todos los isótopos de un elemento químico tienen el mismo número atómico o número de protones, pero cuentan con distinta masa atómica, que equivale al número de protones más el de neutrones (Salazar y Silva, 2017).

¿Qué tipo de isótopos existen?

Los isótopos pueden dividirse en dos categorías, estables e inestables. Aquellos estables son los que no experimentan una forma espontánea de decaimiento radiactivo, mientras que los radiactivos se desintegran para dar lugar a otros nucleidos, normalmente con configuraciones más estables. A este proceso de desintegración se le denomina como “semivida”, suponiendo la emisión de radiación electromagnética y siendo parcialmente predecible en algunos casos (Hoefs, 1987).

¿Cuáles son sus aplicaciones en Arqueología?

Tanto los isótopos estables como los inestables o radiactivos son utilizados en Arqueología, aunque tienen distintas aplicaciones. En el caso de los radiactivos, el más importante sin duda es el carbono 14 (¹⁴C), cuyos patrones de descomposición son bien conocidos, lo que hace que sea ampliamente utilizado en las dataciones absolutas de materiales arqueológicos de origen biológico. En el caso de los isótopos estables, en los que nos centraremos en este trabajo, podemos citar entre los más utilizados el carbono (¹²C/¹³C), el nitrógeno (¹⁵N/¹⁴N), o el oxígeno (¹⁸O/¹⁶O) (Pate, 1994).

1 El Plioceno es una división de la escala temporal geológica que supone la última época del periodo Neógeno, comprendida entre los 5,33 y los 2,59 Ma. El Pleistoceno, por otra parte, es la primera época del periodo Cuaternario y sucesora del Plioceno, extendiéndose hasta comienzos del Holoceno hace aproximadamente 10.000 años (Svensson et al., 2005).

Dado que se fijan en los materiales de origen biológico y no se desintegran, sino que permanecen estables a pesar del paso del tiempo, su estudio es aplicable para otros fines, como la reconstrucción de las paleodietas, los estudios de movilidad o el paleoambiente (Nelson *et al.*, 1986; Peterson y Fry, 1987).

¿Cómo se miden y representan?

Los fraccionamientos entre isótopos durante las reacciones químicas son muy pequeños, de forma que deben ser medidos por un espectrómetro de masas, cuyo funcionamiento se fundamenta en una ionización de una muestra reducida y el cálculo de la masa/carga o de sus moléculas a partir de aplicar fuerza mediante campos magnéticos y eléctricos (Katzenberg, 2008; Lederer, 1980). Su abundancia se representa a partir de la diferencia de los valores de un isótopo comparándolos con un estándar internamente aceptado, el cual equivale a un valor o punto 0. Se mide la diferencia con respecto al estándar, siendo valores muy pequeños, de ahí que se emplee la notación δ o ‰. Este tipo de notación no implica una representación de partes por mil como tal, sino que es una convención puramente matemática para expresar valores pequeños (Chesson *et al.*, 2020).

¿Sobre qué tejidos se aplican?

Para que un tejido sea válido para el estudio de las paleodietas a partir de análisis isotópicos debe cumplir una serie de requisitos (Ezzo, 1994): (I) los isótopos deben incorporarse a la muestra analizada en niveles proporcionales a los que se ingieran; (II) los elementos analizados no deben ser nutrientes esenciales o agentes para la regulación metabólica, ya que estos suelen contar con valores estables en los huesos; (III) los isótopos deben contar con unos valores superiores a las contribuciones de procesos postdeposicionales o diagenéticos, ya que si no se podría incidir en una interpretación errónea.

La mayoría de los estudios se centran en los huesos, tejidos complejos formados por tres componentes: agua, una matriz orgánica y una fracción mineral inorgánica, las cuales varían en su composición dependiendo de la especie, el tipo de hueso y la edad del individuo (Lowenstam y Weiner, 1989). Los análisis se realizan principalmente sobre el colágeno del hueso o del diente, ya que cuenta con una gran perdurabilidad (Boskey y Posner, 1984). En cuanto a las otras proteínas, también contienen carbono y nitrógeno, de forma que han recibido cierta atención para el estudio de paleodietas. Por último, los lípidos y carbohidratos solamente contienen carbono y, además,

se degradan rápidamente una vez el cuerpo queda enterrado (Evershed, 1990).

Otro tejido que aporta información sobre paleodietas es la dentina, la cual es secretada y mineralizada en un proceso de dos fases. La ventaja principal que supone el análisis isotópico de la dentina es que, al contrario que el hueso, no sufre procesos de degradación o de cambio tan severos (Nanci, 2003), de forma que permite establecer un acercamiento más estrecho en el tiempo a la ingesta de comida y bebida durante el crecimiento. Por último, podemos encontrar tejidos como la piel, el pelo, restos intestinales o coprolitos, que han podido conservarse de forma intencionada debido a prácticas culturales como la momificación o por cuestiones fortuitas del medio como entornos muy áridos, de permafrost, pantanos, etc. (Schwarcz y Schoeninger, 1991).

3. Isótopos más empleados

Existen diversos isótopos que se han empleado para el estudio de las paleodietas, pero en el caso de este trabajo solamente disponemos de datos sobre isótopos de carbono, oxígeno y nitrógeno. La señal de isótopos de carbono 12 y 13 en los tejidos se fundamenta en los ciclos fotosintéticos de las plantas, reconociendo las plantas C_3 y C_4 (Lüdecke *et al.*, 2016; Teaford y Ungar, 2000). Los árboles y los arbustos llevan a cabo estrategias fotosintéticas de tipo C_3 , de forma que discriminan de forma más marcada el carbono, presentando valores isotópicos de $-26,5\text{‰}$, mientras que las plantas C_4 (como las hierbas de la sabana o las juncias) cuentan con valores aproximados de $-12,5\text{‰}$ (Smith y Epstein, 1971). Los herbívoros incorporan el carbono de las plantas que comen a sus tejidos en un nivel similar, de modo que los análisis isotópicos permiten detectar estas variaciones. Del mismo modo, los carnívoros que se alimentan de esos herbívoros incorporan la misma señal isotópica, presentando variaciones predecibles según los niveles tróficos (Salazar y Silva, 2017).

En cuanto al nitrógeno (^{14}N y ^{15}N) se usa fundamentalmente para diferenciar dietas marinas de dietas terrestres, pero también permite detectar el nivel trófico que ocupa el individuo en la cadena alimentaria, los patrones de amamantamiento y destete y episodios de estrés nutricional o falta de agua (Katzenberg, 2008; Schoeninger y DeNiro, 1984; Schoeninger *et al.*, 1983; Schwarcz y Schoeninger, 1991; Williams *et al.*, 2007).

Del oxígeno se emplean los isótopos estables de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. Los análisis se realizan sobre bioapatita ósea (fracción mineral del hueso) o esmalte, bajo la premisa de que, a una temperatura del cuerpo estable y constante, los valores de oxígeno se aproximan a la señal

Estadístico	A. ramidus	Au. anamensis	Au. afarensis	Au. africanus	P. boisei	P. r obustus	H. habilis	H. erectus	H. neanderthalensis
No. de observaciones	7	17	23	24	24	4	3	7	11
Mínimo	-11.200	-12.000	-13.000	-11.300	-3.400	-8.600	-8.800	-12.530	-21.800
Máximo	-8.500	-9.300	-2.900	-1.800	0.700	-5.400	-5.200	-2.640	-19.100
1° Cuartil	-10.750	-11.300	-9.100	-7.850	-1.900	-7.625	-8.550	-5.488	-20.950
Mediana	-10.300	-10.800	-7.200	-6.750	-1.300	-6.700	-8.300	-4.680	-19.900
3° Cuartil	-10.200	-10.000	-6.200	-5.675	-0.925	-5.925	-6.750	-3.860	-19.550
Varianza (n-1)	0.746	0.656	6.140	5.419	0.847	1.977	3.803	10.799	0.863
Desviación típica (n-1)	0.864	0.810	2.478	2.328	0.920	1.406	1.950	3.286	0.929

Tabla 1. Estadísticos descriptivos en los que se basa el análisis univariado de carbono 13 (^{13}C) mostrado en el diagrama de cajas (Fig.1). Elaboración propia a partir de los datos de las 120 muestras analizadas.

isotópica del agua corporal, la cual depende de la composición isotópica de los recursos hídricos ingeridos y, por tanto, del agua local (Salazar y Silva, 2017; Panarello *et al.*, 2007).

A partir de estas premisas nos hemos servido de análisis isotópicos realizados sobre nueve especies de homínidos con una cronología comprendida entre los 4,5 Ma y los 40.000 años (Tabla 2), con el objetivo de realizar un acercamiento a sus comportamientos dietéticos y a la evolución de las dietas homínidas. Éstos se han comparado con otras técnicas o disciplinas paleoantropológicas y arqueológicas como el análisis de oligoelementos, desgaste y patrón de estriación dentaria, marcadores de enfermedades o *stress* o técnicas arqueozoológicas y/o arqueobotánicas, de forma que hemos podido realizar aproximaciones a los patrones dietéticos de dichos taxones.

4. Análisis y resultados

Una vez recopilados los estudios isotópicos disponibles para los homínidos del Plio-Pleistoceno hemos alcanzado algunas conclusiones. Para la reconstrucción compleja de determinar de forma generalista disponemos de datos procedentes de tres isótopos estables: el carbono 13 (^{13}C), el oxígeno 18 (^{18}O) y el nitrógeno 15 (^{15}N). El isótopo más ampliamente utilizado en la reconstrucción de paleodietas es el carbono (Fig. 1), el único del que tenemos valores para todas las especies estudiadas, seguido del oxígeno, del que contamos con datos para cinco de

ellas y finalmente el nitrógeno, del que sólo disponemos de datos para una única especie.

Análisis de Carbono

Las especies que presentan unas ratios más variables de $\delta^{13}\text{C}$ son dos de los australopitecos, *Au. afarensis* (Levin *et al.*, 2006; Wynn *et al.*, 2013; 2016) y *Au. africanus* (Sponheimer y Lee-Thorp, 1999; Sponheimer *et al.*, 2006; Van der Merw *et al.*, 2003), mostrando ambas unos niveles de carbono similares (Tabla 1). Según los datos cronológicos disponibles, las dos especies llegaron a coexistir hace unos 3 Ma, y aunque habitaron espacios geográficos distintos, las condiciones paleoclimáticas del sur y este africano no sería tan distintas. De este modo, probablemente explotarían nichos ecológicos similares y sus preferencias dietéticas podrían ser muy parecidas. En cambio, *Australopithecus anamensis* presenta una variabilidad menor en los valores de carbono (Cerling *et al.*, 2013; Quinn, 2019), con unas ratios isotópicas más negativas. Con una cronología más antigua, el paleoambiente indica que se desarrolló por territorios más húmedos, como Etiopía, de forma que parece razonable que sus valores se acerquen más a los de *Ardipithecus ramidus* que a los de otras especies de *Australopithecus*. Estas diferencias en los valores de Carbono 13 se interpretan como una mayor predilección por las dietas basadas en frutos y hojas (C_3), propias de las especies más antiguas, con mayores capacidades arbóreas, mientras que los *Australo-*

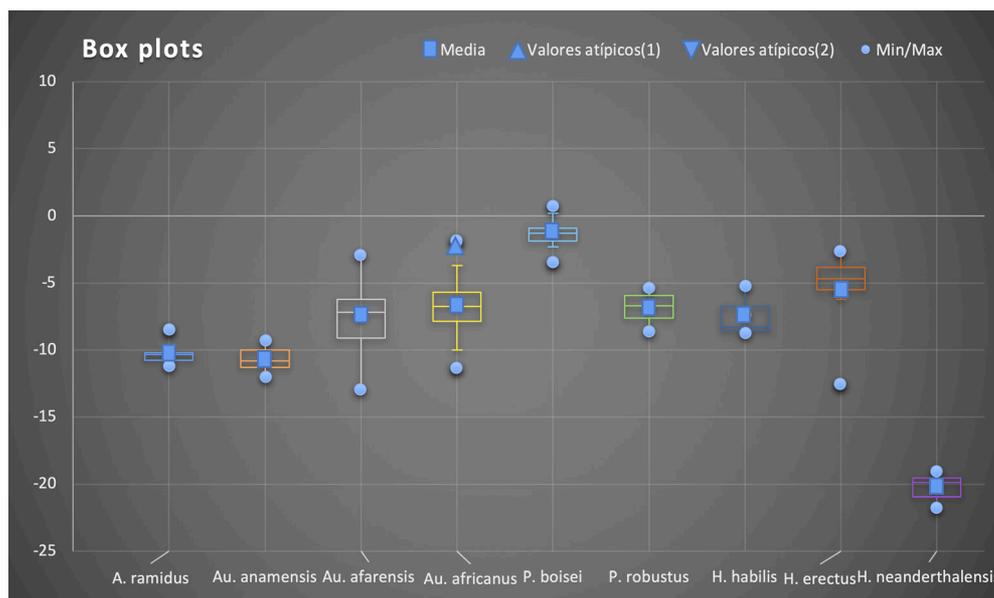


Figura 1. Diagrama de cajas mostrando la dispersión en los valores de carbono 13 (^{13}C) para las 9 especies homínidas estudiadas en este trabajo. Elaboración propia a partir del software XLStat 2016.

pithecus más modernos se asocian con dietas ricas en plantas C_4 como juncias o tubérculos.

De las nueve especies analizadas, *Paranthropus boisei* es la que presenta unos valores más elevados de Carbono 13 (Cerling *et al.*, 2008; Van der Merwe *et al.*, 2008). En cambio, la otra especie analizada de este género, el *Paranthropus robustus* (Sponheimer *et al.*, 2006), presenta unas ratios más cercanas a las especies de *Australopithecus* gráciles, aunque con una variabilidad menor de las ratios, lo que por otra parte podría estar relacionado con el reducido tamaño de la muestra estudiada. Esto se traduce en un consumo de vegetales C_4 bastante elevado para *boisei*, con porcentajes cercanos al 80% mientras que estas plantas tendrían una importancia mucho menor en la dieta de *P. robustus*, con un peso entre el 35 y el 40% de la ingesta.

Con la aparición del género *Homo* aparentemente no se da un cambio significativo en la dieta. Al parecer, sigue existiendo una predilección por el consumo de vegetales en las especies más antiguas. La señal isotópica de Carbono 13 para *Homo habilis* se encuentra a medio camino entre los valores de *Paranthropus* y los *Australopithecus* gráciles y *A. ramidus* y *Au. afarensis* (Van der Merwe, 2013; Van der Merwe *et al.*, 2008). Sin embargo, en lo que respecta a la interpretación de estos valores, el consumo de vegetales C_4 representaría solamente alrededor del 25-30% de la dieta, mientras que un consumo de carne más elevado avalaría los altos niveles de Carbono 13.

Con *Homo erectus* asistimos a la primera gran expansión territorial del género, ya que es la primera especie de la que tenemos evidencias fuera del territorio africano. Sus valores isotópicos de carbono son más positivos que los del resto de especies analizadas (Jansen *et al.*, 2016), excluyendo a *P. boisei*, lo que se ha asociado de nuevo con un importante consumo de vegetales. Esto parece contrastar con las evidencias del inicio de la domesticación del fuego, lo que permitiría el cocinado de los alimentos y el consiguiente aumento del consumo de proteína animal con respecto a todos los taxones anteriores. A pesar de esta aparente contradicción, la variabilidad observada entre los pocos individuos analizados ($N=7$) podría ser un indicador de que *Homo erectus* se encontraría menos limitado dietéticamente que los *Australopithecus* y *Paranthropus*, adaptando su dieta a las condiciones climáticas y la vegetación de los diferentes nichos ecológicos que ocupaba.

Sin duda, el cambio más importante en los valores de Carbono 13 se produce con la más reciente de las especies analizadas: *Homo neanderthalensis* (Bocherens *et al.*, 1999, 2001, 2005; Richards *et al.*, 2008). La gran dispersión geográfica de los neandertales, superior a la de *H. erectus*, evidencia una gran adaptabilidad a los espacios geográficos externos al continente africano. Sin embargo, a pesar de la importante cantidad de restos paleoantropológicos conocidos para esta especie, los análisis isotópicos disponibles son más bien escasos ($N=11$). Todo ello hace que la dieta

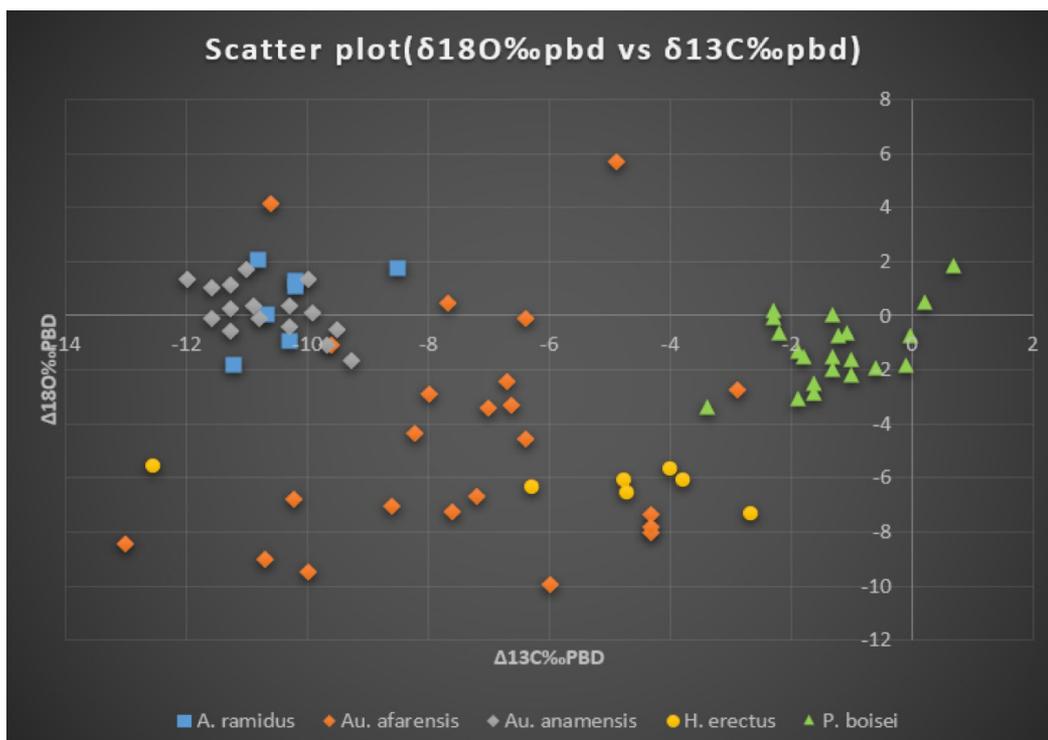


Figura 2. Diagrama de dispersión basado en la correlación entre la ratio de carbono 13 (^{13}C) y oxígeno 18 (^{18}O) para las 5 especies homínidas de las que contamos con ambos valores. Elaboración propia a partir del software XLStat 2016.

neandertal sea compleja de determinar de forma generalista. Sin embargo, en base a los valores de Nitrógeno 15, siendo la única especie para la que contamos con este dato, se ha planteado que este taxón consumiría los mayores niveles de proteína animal. En cualquier caso, la importancia de los vegetales en algunos puntos geográficos seguiría siendo mayoritaria. Es reseñable que, a pesar de la gran extensión geográfica, las ratios isotópicas obtenidas de diferentes yacimientos parecen indicar poca variabilidad entre los especímenes.

Análisis de Oxígeno

Los resultados obtenidos al parecer no aportan excesiva información relacionada con la dieta de los homínidos (Fig. 2). Podemos decir, sin embargo, que los valores obtenidos agrupan por un lado a *A. ramidus*, *Au. anamensis* y *P. boisei*, asociándolos con un aporte de líquidos derivado mayoritariamente del consumo de frutas y hojas tipo C_3 , con un gran contenido en agua. De nuevo, es *Au. afarensis* la especie que presenta una mayor variabilidad entre los especímenes analizados, lo que podría relacionarse con una obtención de líquidos más variable que el resto de las especies analizadas, alternando entre frutas y fuentes de agua permanente según disponibilidad. En el

extremo opuesto, *H. erectus*, que presenta además unas ratios poco variables, parece obtener el agua de fuentes naturales permanentes o semipermanentes como lagos, ríos, etc.

5. Conclusiones

Desde los inicios de la aplicación de los análisis isotópicos en Arqueología en los años 70 del siglo pasado (DeNiro, 1978; Schoeninger, 1983), la disciplina ha experimentado una evolución continua, siendo estudios que se encuentran muy extendidos en diversos ámbitos de la investigación científica paleoantropológica, como los estudios de la paleodieta, el paleoclima o la paleodemografía.

En este trabajo, hemos abordado una cuestión de actualidad, la alimentación de los homínidos del Plio-Pleistoceno, un tema al que las investigaciones basadas en isótopos estables han dedicado grandes esfuerzos en los últimos años (Sponheimer, 2006; Levin, 2008; van der Merwe, 2008; Lee-Thorp, 2010; Cerling, 2013). Para ello, hemos presentado los estudios isotópicos disponibles para la reconstrucción de las paleodietas de nueve especies homínidas, abarcando una cronología extensa y tratando de mostrar la evolución de la alimentación de nuestro linaje en el tiempo.

Especie	Cronología (Ma)	$\delta^{13}\text{C}$ medio	$\delta^{18}\text{O}$ medio	$\delta^{15}\text{N}$	Microestriación	Otras evidencias	Referencias:
<i>Ardipithecus ramidus</i>	4,5-4,3	-10,2	0,5	-	Surcos longitudinales	Análisis de paleofauna con mayoría de consumidores C_3	White <i>et al.</i> (1994; 2009a y b; Lovejoy, 2009; Suwa <i>et al.</i> (2009)
<i>Australopithecus anamensis</i>	4,2-3,9	-10,7	0,16	-	-	-	Cerling <i>et al.</i> (2013); Quinn (2019)
<i>Australopithecus afarensis</i>	3,8-2,9	-7,4	-4,24	-	Surcos longitudinales	Análisis de oligoelementos de Ba/Ca y Sr/Ba: ratios	Levin <i>et al.</i> (2006); Wynn <i>et al.</i> (2013; 2016)
<i>Australopithecus africanus</i>	3,5-2	-6,6	-	-	Surcos longitudinales y	-	Sponheimer y Lee-Thorp (1999); Sponheimer <i>et al.</i> (2005); Van der Merwe <i>et al.</i> (2013)
<i>Paranthropus boisei</i>	1,9-0,7	-1,3	-1,2	-	Hoyos o depresiones	-	Cerling <i>et al.</i> (2011); Van der Mewe <i>et al.</i> (2008)
<i>Paranthropus robustus</i>	2,3-1,3	-6,9	-	-	Surcos longitudinales	Análisis de ^{86}Sr y ^{87}Sr que determinan baja movilidad	Sponheimer <i>et al.</i> (2006)
<i>Homo habilis</i>	2,4-1,4	-7,4	-	-	Surcos longitudinales y	Hallazgo de útiles líticos y marcas de corte en huesos	Van der Merwe (2013); Van der Merwe <i>et al.</i> (2008)
<i>Homo erectus</i>	1,9-0,1	-6	-6,9	-	Variables según lugar geográfico y	Uso deliberado del fuego y presencia de artefactos	Janssen <i>et al.</i> (2016)
<i>Homo neanderthalensis</i>	0,4-0,04	-20,2	-	10,9	Surcos longitudinales	Análisis de coprolitos, uso del fuego y hallazgo de	Bocherens <i>et al.</i> (1999, 2001, 2005); Richards <i>et al.</i> (2008)

Tabla 2. Síntesis de los datos isotópicos y otras inferencias sobre la dieta publicadas sobre las 9 especies de homínidos estudiados. Elaboración propia.

El primer hándicap con el que nos hemos encontrado es que los análisis isotópicos de restos de homínidos son en general bastante escasos, debido a la propia escasez de los vestigios y a su antigüedad, que condiciona su estado de conservación y la preservación del colágeno óseo y el esmalte dental. Esto ha provocado que en muchas ocasiones los tamaños muestrales analizados hayan sido muy pequeños (Tabla 2).

En lo que respecta a los isótopos estables analizados, hemos presentado la utilidad aplicado a los estudios paleodietéticos de isótopos de carbono (C), oxígeno (O) y nitrógeno (N), siendo el carbono 13 (^{13}C) y el oxígeno 18 (^{18}O) los más utilizados. Para especies más recientes como *H. neanderthalensis*, contamos también con estudios sobre nitrógeno 15 (^{15}N), que se han presentado como útiles para determinar cuestiones como el consumo de carne.

Aunque los estudios de isótopos estables se han revelado como una herramienta útil para determinar

procedencias y dietas, los resultados que proporcionan no siempre son fácilmente interpretables, ya que en ocasiones pueden aportar información contradictoria con la obtenida mediante otras técnicas como el análisis de oligoelementos o la microestriación dental, así como los datos revelados por otras evidencias indirectas como las arqueobotánicas y arqueozoológicas. Estas aparentes contradicciones entre los datos han sido tratadas en profundidad para cada una de las especies estudiadas.

En cualquier caso, para concluir con este trabajo de iniciación a la investigación podemos decir que somos lo que comemos y la dieta queda marcada en los tejidos de los seres vivos a partir de las señales isotópicas. El desarrollo de esta disciplina es paulatino y el futuro de las técnicas puede incluir mejoras de los métodos analíticos y, además, la aplicación de estudios isotópicos protagonizados por otros elementos menos desarrollados por ahora como el plomo (Pb) o el hierro (Fe).

Bibliografía

ALTMANN, S. A. y ALTMANN, J., (1970): *Baboon ecology*, University of Chicago Press, Chicago.
BOCHERENS, H., BILLIOU, D. y MARIOTTI, A., (1999): "Palaeoenvironmental and Palaeodietary Implications of Isotopic Biogeochemistry of Last Interglacial Neander-

thal and Mammal Bones in Scladina Cave (Belgium)", *Journal of Archaeological Science*, 26, 599-607.
BOCHERENS, H., BILLIOU, D., MARIOTTI, A., TOUSSAINT, M., PATOU-MATHIS, M., BONJEAN, D. y OTTE, M., (2001): "New Isotopic evidence for dietary habits of Neandertals from Belgium", *Journal of Human Evolution*, 40, 497-505.