

El patrón alimenticio de las poblaciones humanas ¿Qué comían las poblaciones del pasado?

Gonzalo Trancho
Beatriz Robledo*

The dietary pattern of human populations: what did past populations eat?

Resumen

Este trabajo expone los principios metodológicos de las técnicas de determinación de paleodieta en las poblaciones humanas del pasado. Se hace referencia a métodos estandarizados como la microestriación y desgaste dental, la identificación de fitolitos, el análisis paleoquímico de isótopos estables y el de elementos traza. Finalmente se exponen algunos resultados recientes referidos a la población de la Edad del Hierro de La Polera (Ubierna, Burgos).

Abstract

This work sets forth the techniques of paleodiet analysis in the past human populations. Reference is made to standardized methods as well as to dental microwear, phytoliths, stable isotope and trace element analysis. Finally, some recent results from the population of the Age of the Iron of La Polera (Ubierna, Burgos) are presented.

Palabras clave: Paleodieta. Microestriación dental. Oligoelementos. Fitolitos. Elementos traza.

Key words: Paleodiet. Dental microwear. Oligoelements. Phytoliths. Trace element analysis.

I. Introducción

La probabilidad de supervivencia de cualquier ser humano depende, al menos parcialmente, de la disponibilidad de recursos y de la capacidad técnica alcanzada para su recolección, manipulación y procesado. Sin duda, existen factores ambientales, sociales y culturales, que inciden en la calidad de vida, estado de salud o viabilidad de las poblaciones de nuestra especie, pero es evidente que la ingestión adecuada

de nutrientes es una actividad esencial para el mantenimiento de la vida. Todo ser humano necesita incorporar sustancias orgánicas e inorgánicas que le aporten los elementos químicos necesarios para dar respuesta a la demanda fisiológica diaria, reponer la energía consumida y asegurar su supervivencia.

La reconstrucción de los patrones de subsistencia de las poblaciones del pasado permite evaluar su capacidad técnica para obtener nutrientes, establecer el tipo de desarrollo económico agrícola o ganadero, la existencia de redes comerciales de intercambio, e incluso, la presencia de flujos migratorios. El análisis de paleodieta también permite conocer datos individuales y colectivos sobre alimentación o salud, aspectos de extraordinaria importancia en todo estudio arqueológico que pretenda establecer la forma de vida de una población antigua.

Hasta 1980 la alimentación de las poblaciones humanas pretéritas se estimaba básicamente mediante tres métodos: el análisis de indicadores de recursos de flora y fauna disponibles (estudios palinológicos, evaluación del peso del material faunístico, coprolitos, etc.); la evidencia arqueológica basada en estructuras (análisis de herramientas o útiles, cerámica, silos, basureros, etc.) y el estudio de indicadores de salud (caries, desgaste oclusal, procesos anémicos, etc.). Desde entonces, también se dispone de métodos de determinación basados en técnicas microscópicas, (patrón de estriación dentaria, fitolitos), o se procede a la reconstrucción química de la dieta (análisis de isótopos estables y de elementos traza).

Como puede deducirse, hoy se cuenta con un conjunto de técnicas capaces de determinar el tipo de alimentación de las poblaciones pretéritas de forma pre-

* Dpto. de Biología Animal (Antropología). Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid. E28040 Madrid. Correo electrónico: gtrancho@bio.ucm.es; brobledo@bio.ucm.es.

cisa. El objetivo de esta publicación es dar a conocer al lector algunas de ellas; mostrar la información que pueden aportar y, finalmente, exponer algunos de los resultados obtenidos al aplicar los análisis paleoquímicos en yacimientos arqueológicos españoles.

2. La información que aportan los dientes: microestriación dental

Tras la erupción en la cavidad oral, los dientes están sometidos a un paulatino proceso de desgaste en todas las especies. La abrasión mecánica de la superficie de la corona dental depende de factores genéticos heredables como: calidad del esmalte, grado de dureza, plasticidad, etc. y de factores exógenos relacionados con la forma de vida o los hábitos nutricionales caso del bruxismo o la composición de la dieta, entre otros. El desgaste depende inexorablemente del tiempo de utilización de las piezas dentarias, por eso está correlacionado con la edad del individuo y puede verse afectado por el nivel abrasivo de la alimentación o la utilización de la dentición como herramienta cul-

tural. Por tanto, estudiar el desgaste dental de una población permite estimar no sólo el nivel de atrición de las piezas dentarias, sino obtener información sobre aspectos culturales como son el tipo de economía y el modo de aprovechamiento del entorno. El desgaste mecánico se aprecia macroscópicamente por la paulatina eliminación del esmalte y la subsiguiente exposición de la dentina, lo que provoca una lenta pero continuada disminución de la altura de la corona dental (Lám. I). Microscópicamente, está caracterizado por la presencia de estrías o depresiones más o menos marcadas, producidas mayoritariamente por el contacto con los alimentos.

El desgaste es esencialmente de dos tipos: atrición y abrasión. El primero se refiere al desgaste producido por el contacto físico entre dientes opuestos, situados o no en distintos maxilares. Es el desgaste que produce el bruxismo, las facetas de contacto en la cara oclusal de las piezas dentarias o en la cara interproximal de los dientes. La abrasión está relacionada con el desgaste mecánico provocado por las distintas estrategias de supervivencia. No genera facetas delimitadas de desgaste como la atrición, pero produce una pérdida gene-



Lám. I. Patrón de desgaste dental en el maxilar superior del individuo TR-7337. Necrópolis de Triunfo (s. XV, Granada).

ral de definición de la superficie dental en cualquier zona de la corona. Es originada por toda partícula u objeto duro que llega a la cavidad oral y roza los dientes gracias a la presión de las mejillas, la lengua o la comida. Casi siempre se asocia con la ingestión de alimentos, pero también puede deberse a aspectos culturales como la utilización de palillos, tabaco, cepillos dentales e incluso la aplicación estética de objetos extraños a la cavidad oral (*piercing*) y la mutilación accidental o intencional de la corona (Trancho *et al.* 2002).

El microdesgaste, principalmente el que afecta a la superficie oclusal de la corona, se debe al contacto entre las cúspides durante la masticación y a la interacción de las mismas con todos los objetos que ingresan en la cavidad oral, incluidas las partículas alimenticias. Las partículas abrasivas rozan el esmalte dejando una microestriación cuya anchura será siempre inferior al diámetro de la propia partícula que genera la huella. El microdesgaste se evalúa mediante microscopía electrónica de *scanning* (SEM) debido a su mayor resolución respecto a la microscopía lumínica convencional.

El patrón de microestriación dental puede definirse mediante el estudio de características como número, dirección, longitud, anchura y profundidad de las estrías. La orientación y el número de estrías varía en función de aspectos como el movimiento mandibular durante la trituración del alimento (Hillson 1996) y el grado de erosión que producen materiales duros o la comida mientras se introducen en la cavidad oral. En realidad, la acción de las partículas abrasivas depende esencialmente de la dinámica del bolo alimenticio en la boca. Los animales carnívoros mantienen durante menos tiempo los nutrientes en la cavidad oral que los herbívoros. La razón mecánica es que la masticación en los primeros consiste fundamentalmente en movimientos verticales que permitan despedazar la carne hasta un tamaño que facilite su ingestión; mientras que los segundos, necesitan triturar mucho más el alimento fibroso para poder aprovecharlo. Probablemente por esa razón, los animales herbívoros, especialmente los rumiantes, realizan un movimiento de rotación lateral u horizontal de la mandíbula que no existe en los carnívoros. Esa diferencia de comportamiento mecánico hace que el patrón de estriación varíe en función de la importancia relativa de la ingestión de productos animales o vegetales; en otras palabras, de la composición de la dieta ingerida y quizá por ese motivo varía a lo largo de la vida del individuo.

Respecto al número de estrías debe indicarse que es menor en los individuos con dieta rica en proteínas animales respecto a los que ingieren mayoritariamente productos vegetales (Pérez-Pérez 1999). La razón es la distinta resistencia relativa a la compresión de cada uno de los alimentos y en especial la existencia de

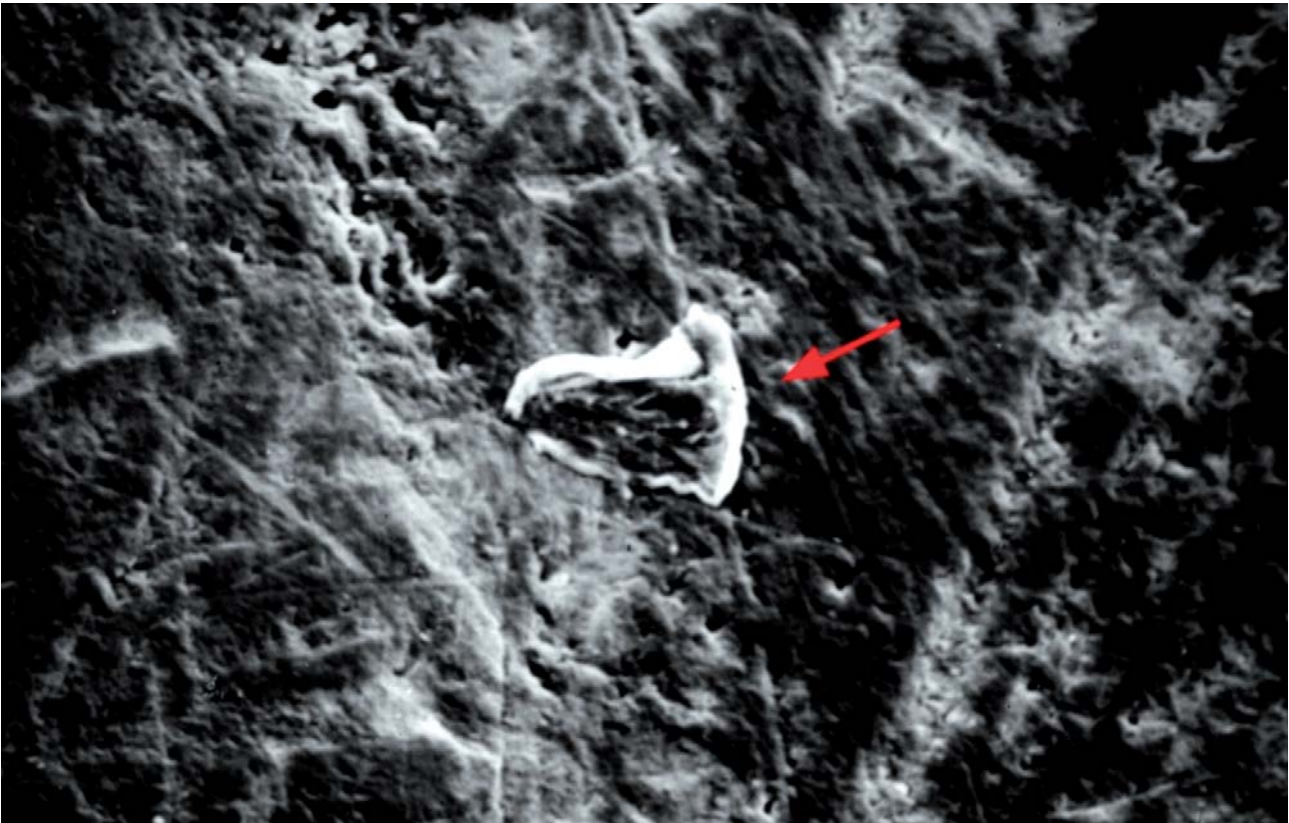
partículas de sílice (fitolitos) y restos de tierra en los vegetales. Incluso se ha propuesto que existe una correlación positiva entre la longitud de las estrías y la dieta vegetal. Esta técnica de microestriación se ha utilizado para determinar el comportamiento agrícola de poblaciones humanas atendiendo a las dimensiones de las huellas detectadas en el esmalte. Estudios realizados en el yacimiento sirio de Tell Abu Hureyra (Molleson *et al.* 1993) demuestran que las piezas dentarias de los habitantes mesolíticos presentan microdepresiones de mayores dimensiones que las poblaciones neolíticas de la misma zona.

Conocemos muy poco sobre el efecto que tienen sobre el patrón de microestriación el sexo, edad, tamaño corporal, posición o tipo de diente (Fine *et al.* 1981; Bullington 1991); aunque recientemente se han publicado algunos artículos en los que se analizan algunos de estos factores (Ungar *et al.* 1999). Tampoco sabemos mucho sobre el cambio de comportamiento erosivo de las partículas alimenticias tras su preparación cultural o cocinado. ¿Distintos alimentos pueden dejar huellas similares? Un inconveniente añadido es la distinta profundidad en las estrías que producen los alimentos muy duros respecto a otros más blandos. Dicha diferencia hace que sus improntas se conserven durante más tiempo, de forma que aún ingiriendo menor cantidad de dichos nutrientes, su persistencia relativa provocaría una sobrestima en la cuantificación de su importancia dietética. En ese caso, ¿cuál es la velocidad de cambio en el patrón de estriación? Como puede observarse, la valoración analítica de esta técnica es todavía difícil, pero la comunidad científica acepta actualmente que el microdesgaste dental ofrece información sobre el patrón alimenticio reciente; el relativamente próximo a la fecha de muerte del individuo, siendo poco útil si la dieta depende significativamente de productos disponibles estacionalmente.

3. Fitolitos

Las raíces de las plantas incorporan el silicio disuelto en el terreno y lo depositan, intra o extracelularmente, en forma sólida en sus tejidos dando origen a los fitolitos. Su composición química esencial es el óxido de silicio aunque, ocasionalmente, pueden contener otros elementos como calcio, magnesio, hierro, etc., e incorporar pequeñas cantidades de materia orgánica y agua (Rovner 1983). Estas estructuras no están presentes en todas las plantas con la misma frecuencia: por ejemplo, las fabáceas (habas, guisante, garbanzo) tienen un número muy bajo, mientras que las equisetáceas (cola de caballo), cyperáceas (chufa) o poáceas (centeno, arroz, cebada, maíz) son muy ricas en estos compuestos.

Dada su composición es lógico pensar que este tipo de sustancias pueden dejar huella en la superficie de



Lám. II. Fitolito incrustado en la corona dental. Obsérvese la presencia de microestriación asociada.

la corona dental produciendo estrías (Lám. II). Más complicado es decidir qué estrías son generadas por los fitolitos y cuales son resultado de otro tipo de agentes, polvo incluido. Su presencia (ya sea en la superficie del esmalte, el cálculo dental, el lumen del tubo digestivo o los coprolitos) y posterior identificación taxonómica permite estimar el tipo de alimentación vegetariana de los grupos humanos antiguos (Rovner 1983; Piperno 1988). Los fitolitos del tártaro dental fueron incluidos en el sarro al mismo tiempo que se mineralizaba la saliva, por lo que constituyen una prueba directa del tipo de plantas a las que tenía acceso el individuo. Además, desde el punto de vista metodológico, se trata de una fuente de información más fiable que los fitolitos asociados a la superficie del esmalte, ya que al no producirse remodelación en el tártaro (Middleton *et al.* 1994), se ven menos afectados por fenómenos diagenéticos.

No todo es positivo, posiblemente, el mayor inconveniente desde el punto de vista arqueobotánico es que la forma y el tamaño de los fitolitos no es constante; varía según el tipo de planta, del tejido donde es almacenado, de su situación intra o extracelular, etc. lo que limita enormemente su interpretación taxonómica (Piperno 1988; Kaplan *et al.* 1992). Otro problema esencial es que la explotación económica (alimenticia, textil o médica) de las plantas depende de las condiciones climáticas del entorno geográfico y por

tanto, es lícito suponer que las poblaciones humanas basan su economía en distintas fuentes vegetales. Este hecho obliga a la diagnosis e identificación taxonómica por regiones, a estimar la presencia y cantidad de todos los restos arqueobotánicos, su representatividad, etc., (Buxó 1997). No todo lo que nos introducimos en la boca es alimento, podrían detectarse fitolitos asociados a prácticas culturales como la elaboración de tejidos (ropa) o recipientes (cestos). Más grave aún resulta la ausencia de información sobre las características morfológicas de los fitolitos a nivel sistemático de especie; posiblemente esto se debe a la casi nula utilización taxonómica de estos restos biológicos, de forma que en muchas ocasiones ante una imagen SEM sólo puede identificarse una familia botánica. Como vemos, queda mucho por investigar en esta línea.

4. Paleoquímica

Es obvio que el estudio paleoquímico de las estructuras esqueléticas permite acceder a información relevante sobre la composición molecular del individuo, desde la simple presencia de un átomo de calcio en su esqueleto o su grupo sanguíneo, a la caracterización del ADN preservado en un diente.

Afortunadamente, numerosos estudios científicos demuestran que existe una correlación significativa

entre la composición química del hueso y el tipo de alimentación. Gracias a estos resultados, el análisis paleoquímico resulta de gran utilidad para establecer el patrón de subsistencia de las poblaciones antiguas y responder a cuestiones específicas sobre la adaptación biológica y cultural de dichos grupos humanos. Como se señalaba más arriba, dos son los procedimientos analíticos esenciales en este campo: los isótopos estables y el análisis de elementos traza.

Isótopos estables

Es posible que muchas personas recuerden sus inicios en la Química mediante la tabla periódica de Mendeleiev y Meyer. Quizá pudiera pensarse que en la naturaleza sólo existen los iones que aparecen en dicha tabla, incluso en su versión actualizada al siglo XXI; sin embargo, la realidad es bien distinta. Coexisten diversos isótopos químicos de un mismo elemento; algunos de ellos son inestables, caso del C^{14} , mientras que otros son estables, es decir no se ven sometidos a desintegración espontánea. Entre estos últimos y desde el punto de vista nutricional se utilizan el C y el N obtenidos a partir del colágeno conservado en las muestras óseas.

La proporción de isótopos estables como el dC^{13} y dN^{15} respecto a sus isótopos básicos (C^{12} y N^{14}) es útil para determinar grupos de plantas con distinta actividad fotosintética. A través del contenido en dC^{13} pueden detectarse plantas que forman compuestos moleculares con tres átomos de carbono (plantas C3) como el trigo, arroz, frutales, almendros, nogales, avellanos, etc. y diferenciarlas de las plantas que originan moléculas de cuatro átomos de carbono a través del ciclo de Hatch-Slack (plantas C4) caso del maíz, sorgo; o de las crasuláceas (plantas CAM) como los cactus o las piñas tropicales. El contenido de dC^{13} presente en la atmósfera es aproximadamente del -7‰, mientras que las plantas C3 tienen en torno al -27‰ y las C4 hacia el -12‰. En otras palabras, las plantas C3 y los animales que se nutren de ellas, tienen menores concentraciones de dC^{13} que el dióxido de carbono atmosférico, mientras que las plantas C4 y los herbívoros que se alimentan con ellas presentan valores de dC^{13} similares a los de la atmósfera.

Mediante el dN^{15} se puede distinguir la ingesta de leguminosas y algunos productos marinos. En realidad, lo que se analiza es la diferente proporción de dN^{15} que es transferida de las plantas a los herbívoros y que es fijada al colágeno del hueso. Resultados analíticos recientes demuestran un incremento en las concentraciones de dN^{15} según avanzamos en la cadena trófica (Katzenberg 1992). Los estudios paleonutricionales mediante isótopos estables se han centrado esencialmente en determinar el papel del maíz en la dieta de las poblaciones americanas y en analizar la ingesta de pescado en poblaciones mesolíticas y neolíticas europeas.

Elementos traza

Señalar aquí que los primeros análisis relacionados con la concentración de elementos traza en la biosfera, se realizaron como consecuencia de la inquietud científica que provocó el incremento en la estratosfera de los niveles de estroncio 90 (Sr^{90}) detectado tras las pruebas nucleares. Estos estudios, demostraron que la integración del Sr en la cadena alimenticia se produce a través de los vegetales y que su concentración disminuye según se asciende en la pirámide trófica, proceso que se conoce con el nombre de fraccionamiento isotópico. La aplicación de la técnica de análisis de elementos traza en la investigación de la dieta se basa precisamente en el fraccionamiento de ciertos iones a través de la cadena trófica (Sillen *et al.* 1982). Los compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos en el terreno son incorporados por las plantas, de forma que en sus tejidos se refleja la concentración de oligoelementos disponibles en el medio. Esto sucede porque los vegetales no parecen poseer mecanismos activos de eliminación diferencial. Los animales sí disponemos de dichos mecanismos, especialmente con respecto a compuestos químicos que entran en competencia con el calcio como son, entre otros muchos, el bario (Ba) y el estroncio (Sr). El aparato digestivo y el sistema excretor son los encargados del control fisiológico de la homeostasis de estos elementos en favor del calcio (Ca), de forma que la concentración de Ba y Sr en los tejidos animales será significativamente menor que la detectada en los vegetales. Además de utilizarlos metabólicamente como elementos circulantes, los vertebrados pueden depositar la mayor parte de los minerales como elementos estructurales de la matriz ósea, de esa forma el hueso actúa como reservorio. De lo anterior puede deducirse la existencia de un flujo iónico, de manera que una dieta basada en alimentos vegetales proporcionará una mayor ingestión de ciertos elementos químicos respecto a una alimentación basada en la carne. Esto es lo que permite evaluar las diferencias entre animales herbívoros y carnívoros diferenciando los distintos niveles tróficos.

La cantidad de estroncio presente en las plantas depende del contenido de este elemento en el terreno. Los vegetales se comportan como sistemas cerrados que van acumulando Sr sin que existan mecanismos selectivos en contra de dicho elemento. En otras palabras, los niveles de Sr en las plantas reflejan los niveles del ambiente en el que viven. Sin embargo, los animales discriminan negativamente el Sr, de modo que en cada nivel trófico sucesivo su concentración disminuye de forma progresiva. Más del 99% del Sr corporal está depositado en el hueso sustituyendo al calcio en la matriz ósea. Este es precisamente el motivo por el que puede utilizarse la relación Sr/Ca como indicador de dieta vegetal (Fornaciari *et al.* 1987). Sin embargo, los niveles de Sr/Ca del hueso dependen del

Sr disponible en la base de la pirámide trófica. Este hecho limita la posibilidad de comparación del índice Sr/Ca absoluto entre yacimientos ya que el valor de cada uno de ellos dependerá de la concentración inicial de Sr en el suelo. Para evitarlo se procede a corregir dicha relación respecto al valor observado en el tejido óseo de un herbívoro estricto -el nivel trófico anterior- del propio yacimiento. Este nuevo valor, denominado índice de vegetarianismo corregido (Sr/Ca c), establece el patrón económico-dietético y ha sido subdividido en cuatro intervalos que se definen como: economía pastoril (0-0.4), mixta (0.41-0.6), agrícola (0.61-0.7) y vegetariana (mayor de 0.7).

Estudios realizados en los últimos años asocian elevadas concentraciones de Sr también a alimentos de ecosistemas marinos. De esa forma, un aporte importante de crustáceos, moluscos y pescado, se vería reflejado en los niveles de Sr y este nuevo punto de vista permite extender la investigación a las poblaciones cercanas a las costas y establecer la relación dieta terrestre - dieta marina.

El zinc (Zn), a diferencia de otros iones, no es eliminado selectivamente por el organismo y forma parte de enzimas metálicas como la anhidrasa carbónica, interviniendo en la formación de dióxido de carbono y en la regulación de la acidez o pH y en distintos procesos de mineralización ósea. Las deficiencias en Zn estarían asociadas con retraso del desarrollo óseo, disminución de la resistencia inmunitaria a ciertas enfermedades y aumento de procesos patológicos. Es un elemento frecuente en el medio y está presente en las leguminosas y principalmente en la carne roja. Según

Fornaciari y Mallegni (1987) el índice Zn/Ca permite estimar la cantidad de dieta carnívora de una población, aunque la ingestión de ciertos vegetales -cereales especialmente- parecen distorsionar la interpretación de dicha dieta debido a la presencia de fitatos que reducen la absorción intestinal del Zn. En función del cociente Zn/Ca se consideran tres niveles de ingesta cárnica: pobre (0-0.35), media (0.36-0.5) y rica (mayor de 0.5).

Desde finales de los años ochenta, se han integrado muchos otros elementos químicos en los estudios de paleodietas y por lo general los análisis actuales son polielementales. La Tabla 1 muestra algunos de los iones utilizados y su relación con la fuente alimenticia o el nexo trófico en el que se presentan.

Bario (Ba), magnesio (Mg) y vanadio (V) se han considerado siempre como indicadores de ingesta de vegetales. El mayor radio atómico del Ba respecto del Ca hace que la absorción del tubo digestivo sea menor, de forma que se detectan diferencias entre cada nivel trófico, y resulta un interesante marcador (Ezzo *et al.* 1995). El Mg tiene una distribución muy amplia; es abundante en vegetales verdes, especialmente cereales, mientras que el V ofrece indicación sobre el consumo de leche y sus derivados. El cobre (Cu) y el zinc (Zn) se utilizan como marcadores de dieta carnívora, incluya o no proteínas de origen marino.

Podría pensarse que este procedimiento es la panacea, que ofrece solución a cualquier muestra analítica. Nada más alejado de la realidad. Se han identificado un gran número de factores que parecen incidir en la

	Fuente alimenticia	Nexo trófico	Observaciones
Ba	Frutos secos, bayas, tubérculos, legumbres, fibra vegetal, carne	Herbívoro-Carnívoro	Algo diagenético
Mg	Vegetales verdes, cereales, legumbres, frutos secos, carne	Herbívoro-Carnívoro	Altos niveles se asocian con dietas ricas en cereales
V	Tubérculos, legumbres, frutos secos, leche	Herbívoro-Carnívoro	Poco conocido aún a nivel de paleodietas
Sr	Ecosistemas marinos, dieta vegetal en general	Herbívoro-Carnívoro	Muy utilizado en paleodietas
Cu	Crustáceos, moluscos, vísceras, carne, frutos secos, miel	Carnívoro-Herbívoro	Similar al Bario
Zn	Crustáceos, moluscos, carne, cereales	Carnívoro-Herbívoro	Diagenéticamente estable. Muy utilizado en paleodietas

Tab. 1. Fuente alimenticia y comportamiento biológico esperado de seis elementos químicos

fiabilidad de las determinaciones; desde las variaciones regionales relativas a la composición del suelo, la pluviosidad o la salinidad, hasta las variaciones metabólicas relacionadas con la gestación, lactancia, edad, enfermedades o tipo de hueso, pasando por la contaminación diagenética de las muestras. Solucionar cada uno de esos problemas en una necrópolis lleva tiempo en el laboratorio y sobre todo es económicamente costoso. Sin embargo, puede afirmarse que excepto la diagénesis, el resto de factores es metodológicamente controlable; en general, el investigador puede realizar diseños experimentales que permiten obtener respuestas objetivas e interpretables desde el punto de vista arqueológico y antropológico.

El primer paso esencial consiste en elegir las muestras de tejido óseo a analizar. Deben corresponder a la cortical de un hueso largo; nosotros empleamos la tibia, siempre que es posible, con el fin de reducir la variabilidad que supone utilizar diferentes estructuras anatómicas. El segundo aspecto es el problema diagenético. En realidad lo mejor es aceptar que toda muestra se ha visto sometida a un cierto grado de contaminación. No es que seamos pesimistas, es que siempre ocurre así; el hueso vivo no es exactamente igual al hueso que encontramos en una tumba y eso se debe a que se ve sometido al efecto de distintos agentes diagenéticos. Para minimizar dicha contaminación eliminamos, mediante abrasión mecánica con una broca de carburo, unos dos milímetros de espesor de la superficie del hueso en un cuadrado de dos centímetros de lado. Posteriormente, con una nueva broca, perforamos el hueso cortical hasta obtener la muestra de un gramo de hueso necesaria para la valoración química. Esta se realiza mediante disolución ácida en horno microondas, para posteriormente proceder a la lectura de las concentraciones de los elementos mediante espectrometría de plasma ICP-AES.

Interesados por los problemas metodológicos que plantea el análisis químico de elementos traza en hueso, nuestro equipo realizó dos investigaciones a comienzos de los años 90. En 1993 desarrollamos un nuevo protocolo analítico en colaboración con el CAI de Espectrofotometría de la Universidad Complutense (Martín 1993). Dicho estudio permitió estandarizar el método de valoración mediante ICP-AES en hueso, introducir el microondas como elemento de digestión rápida, reducir las pérdidas por evaporación y aislar los problemas de interferencias iónicas en las lecturas espectrofotométricas. Hoy sigue siendo el procedimiento de rutina en el CAI de la UCM para estudiar la composición mineral del tejido óseo y es el método que utilizamos en nuestros análisis en dicho centro. Por otra parte, en 1996, González-Abad analizó en su tesis doctoral el efecto del estrés y los glucocorticoides sobre el desarrollo craneal de los roedores (*Rattus norvegicus*) y en lo que se refiere a los elementos traza, evaluó los cambios de concen-

tración que podían producirse en animales sometidos a situaciones de estrés ambiental pero con el mismo tipo de dieta. Sus resultados demostraron que el zinc podía verse afectado por procesos homeostáticos y que su concentración podía variar a pesar de que la ingesta era la misma.

Desde entonces varios han sido los yacimientos analizados en Europa, África y América por nuestro equipo: el yacimiento mesolítico de Seickh Mustafa (Sudán) (Trancho *et al.* 2003); las tumbas del Calcolítico Final o principios de la Edad del Bronce de Cerro de la Cabeza y Aldeagordillo (Ávila), del Bronce Antiguo de El Tomillar (Ávila) (Trancho *et al.* 1996), la necrópolis celtibérica de Numancia (Soria) (Trancho *et al.* 2004b), la ibérica de El Mercadillo (Cáceres) (Trancho *et al.* 1997) o la cámara funeraria de El Cerrillo de la Compañía o el poblado de Castellones del Céal (Jaén), son sólo algunos ejemplos. Lógicamente, en ellos variaban el número de muestras, el estado de conservación, el ritual funerario, etc., sin embargo, cada uno de estos estudios aportó información relevante sobre el modelo económico y el patrón alimenticio de los individuos recuperados en distintas intervenciones arqueológicas. Incluso en los últimos años hemos estimado el tipo de alimentación de los reyes y nobles del Panteón de San Isidoro (León) (Trancho *et al.* 2004a) y las diferencias entre poblaciones medievales musulmanas urbanas (Ávila) y rurales (Almería) (Robledo 1998).

Quizá el lector esté preguntándose ¿cómo se realiza un estudio de paleodieta mediante elementos traza? ¿Qué información se obtiene? Desde luego no podemos abordar aquí todos y cada uno de los pasos analíticos que supone un ensayo de este tipo (diseño experimental, qué muestras, cuántas, de qué sexo y edad, distribución en la necrópolis, etc.) pero intentaremos mostrar un esquema de esta técnica mediante el ejemplo de un resumen de los resultados obtenidos en la necrópolis de la Edad del Hierro de La Polera (Ubierna, Burgos) (Trancho *et al.* 2007).

Los restos humanos recuperados indicaban la existencia de sólo unos pocos huesos lo que sugería la posibilidad de una recolección selectiva tras someter al cadáver al rito de cremación. Las urnas son bitroncónicas, de los Campos de Urnas que vienen desde el Ebro (horizonte Redal-Cortes de Navarra) con elementos de tipo Soto de Medinilla. El ajuar, muy sencillo, y sólo en algunas tumbas, está constituido por cuchillo afalcatado y placas de cinturón de hierro, ajorca de bronce con colgantes amorcillados del mismo material y alguna fíbula de doble resorte. También se identificaron ofrendas de animales. No se conoce la situación del ustrinum y las tumbas no tuvieron tal función. La cerámica refleja influencias desde el Ebro; los amorcillados, la fíbula de doble resorte y el alto pie de las cerámicas influjos desde el Sur (Soto de Medinilla). Con respecto a la cronología

indicar que por la fíbula de doble resorte y los amocillados puede estimarse el siglo V a.C. En posición secundaria se hallaron dos placas de cinturón de bronce tipo Bureba, umbos de escudo de hierro típicos que denotan la aparición de la industria bronceista de la segunda Edad del Hierro en el siglo IV a.C.

Nuestro proyecto pretendía reconstruir el tipo de alimentación que presentaban los habitantes de la Edad del Hierro en dicha zona geográfica, nos interesaba evaluar la dieta de la población y estimar las posibles diferencias respecto a otras series analizadas en diversas regiones de la Península Ibérica.

Para estimar el grado de diagénesis de las muestras óseas analizamos la composición química del terreno de enterramiento a diferentes distancias del esqueleto (0, 15 y 25 cm). Esto incrementa el coste económico pero permite conocer la dirección de la disolución, hueso-suelo o suelo-hueso, y establecer si se pierde o ganan iones y a qué elementos afecta. En nuestra opinión esta fase resulta vital para determinar el grado de fiabilidad de la valoración realizada ya que podría demostrarse que la diagénesis es tan importante que el análisis paleoquímico no sirve para estimar el tipo de dieta de una población. También existen índices que relacionan el contenido Ca/P del hueso para determinar el grado de conservación de la hidroxiapatita y evaluar la contaminación de las muestras (Fig. 1). El valor teórico de este índice en tejido vivo es de 2.16 aproximadamente; pero actualmente, para huesos secos, se consideran valores analíticos en torno a 2.2. Algunos autores (Buikstra *et al.* 1989) sugieren la existencia de diagénesis importan-

te sólo cuando dicho índice se establece por encima de 2.5. En promedio, las muestras humanas de La Polera tienen un valor medio de 2.4 ± 0.1 lo que sugiere una contaminación que permite considerar los resultados paleoquímicos como técnicamente aceptables. Todas las muestras han ganado calcio, pero este es un resultado que suele producirse en los restos sometidos a la acción del fuego. El incremento más importante corresponde al túmulo 8, con un aumento del 11%, y el más bajo a la muestra 82, con un 0.5%. Es posible que la destrucción de la matriz cristalina del hueso sea responsable del incremento relativo ya que el suelo tiene niveles de calcio mucho más bajos y no puede contribuir significativamente al incremento detectado.

El comportamiento respecto del fósforo es más heterogéneo; se detectan muestras con una pérdida significativa respecto al 17% teórico, mientras que otras tienen valores superiores al esperado (Fig. 1). Los restos del varón depositado en el túmulo 82 son los que más han perdido, en torno al 11% del contenido del hueso vivo. La disminución de este elemento químico suele asociarse a la sustitución de los fosfatos del hueso por carbonatos o iones flúor del suelo (Lowenstam *et al.* 1989). La incorporación química del fósforo es mucho menos frecuente que la del calcio, pero suele producirse como consecuencia de la filtración de compuestos minerales, que si bien no se incorporan a la red cristalina pudieran adherirse a la misma. En La Polera se ha producido una pequeña incorporación de fósforo, pero se detecta en siete muestras humanas. El aumento máximo es del 4% en

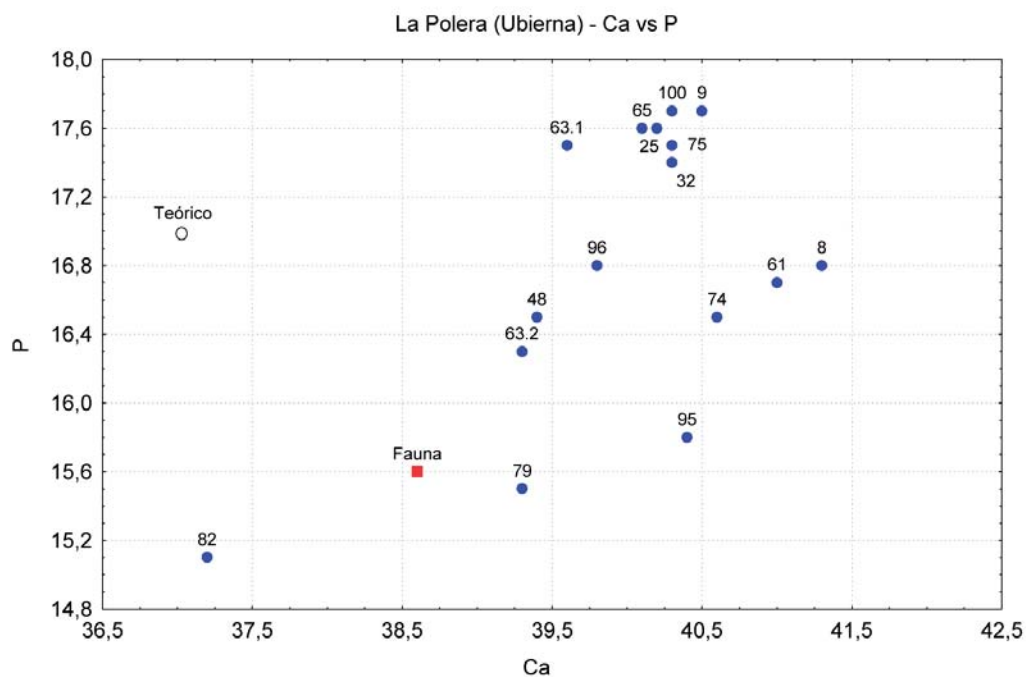


Fig. 1. Contenido Calcio vs Fósforo en muestras de la Edad del Hierro del yacimiento de La Polera (Ubierna, Burgos).

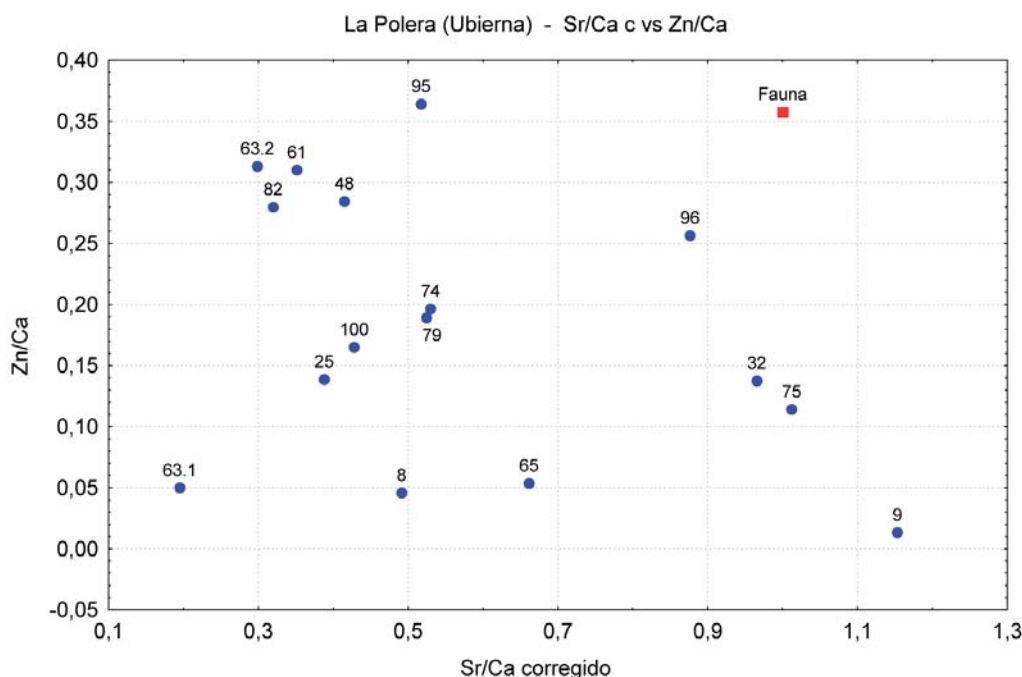


Fig. 2. Índice de vegetarianismo corregido (Sr/Ca c) vs Zn/Ca en muestras de la Edad del Hierro del yacimiento de La Polera (Ubierna, Burgos).

los túmulos correspondientes al varón 9 y al individuo del túmulo 100. Por tanto, nuestros resultados sugieren cambios en la concentración de fosfatos y carbonatos, la pérdida de integridad de la hidroxiapatita y, por consiguiente, la existencia de un leve deterioro que ha hecho vulnerable a la estructura cristalina a la penetración o pérdida de distintos iones.

El índice de vegetarianismo corregido (Sr/Ca c) y los niveles de Zn/Ca sugieren que la población de La Polera corresponde a una sociedad de economía mixta con una alimentación pobre en carne roja (Fig. 2). La alimentación estaba centrada en el consumo de productos ricos en magnesio, esencialmente vegetales verdes, cereales y legumbres, con un aporte moderado de bario, es decir de frutos secos. Una parte significativa de la población incorporó en su ingesta habitual proteínas en forma del pescado y leche. Ambos nutrientes eran teóricamente accesibles; el primero como consecuencia de la proximidad del curso fluvial que corre al pie del castro; la leche y sus derivados, dada la prevalencia de restos de bóvidos detectada, casi la mitad de la ofrenda funeraria identificada pertenece a dicho tipo de animal.

No se ha detectado un patrón que permita diferenciar a ambos sexos en función de un único nutriente ya que la variabilidad individual detectada en La Polera es muy amplia. Sin embargo, detectamos una mayor dispersión, es decir una dieta más heterogénea o variada, en los individuos depositados en los túmulos de mediano tamaño respecto a la que caracteriza a los que ocupan enterramientos de menores dimensiones. También resulta interesante destacar que los individuos enterrados en tumbas de pequeño tamaño

tienden a consumir menos cereales que los depositados en las de tamaño medio lo que podría reflejar diferencias socioeconómicas en la comunidad.

Desde comienzos de los años noventa (Pérez-Pérez *et al.* 1991), el trabajo experimental de nuestro equipo de investigación ha demostrado la utilidad de los análisis paleoquímicos en la reconstrucción del tipo de alimentación de diversas poblaciones antiguas de la Península Ibérica (ver <http://www.ucm.es/info/antropo/trancho/dieta.htm>). Las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas han facilitado la aparición de nuevas líneas de investigación dentro del campo de la Antropología y la Historia; disciplinas científicas como la Arqueometría, dedicada esencialmente a la determinación de la composición química de materiales arqueológicos, permiten realizar aportaciones relevantes en la reconstrucción de la forma de vida de nuestros antecesores. Los paleoantropólogos dedicados a este campo científico esperamos que este tipo de estudios se efectúen cada vez con mayor profusión, sin duda los resultados obtenidos, a pesar de su elevado coste económico, resultan de extraordinario valor histórico y cultural.

Agradecimientos: El análisis de elementos traza de La Polera (Ubierna, Burgos) fue financiado a través del Proyecto 0553/05 de Junta de Castilla y León. La lectura analítica se efectuó en el CAI de Espectrofotometría de la UCM a cuyo personal felicitamos por su actitud siempre de colaboración. Esta publicación fue solicitada por la Dra. Carmen Cacho Quesada. Gracias por tu confianza, paciencia y ayuda. Los lectores interesados pueden obtener más información en www.ucm.es/info/antropo/trancho/dieta.htm

Bibliografía

- BULLINGTON, J. 1991: "Deciduous dental microwear of prehistoric juveniles from the Lower Illinois River Valley". *American Journal of Physical Anthropology* 84: 59-73.
- BUIKSTRA, J.E.; FRANKENBERG, S.; LAMBERT, J.B. y XUE, L. 1989: "Multiple elements: multiple expectations". En T.D. Price (Ed): *The chemistry of prehistoric human bone*. Cambridge University Press. Cambridge.
- BUXÓ, R. 1997: *Arqueología de las plantas*. Editorial Crítica. Barcelona.
- EZZO, J.A.; LARSEN, C.S. y BURTON, J.H. 1995: "Elemental signatures of human diets from the Georgia Bight". *American Journal of Physical Anthropology* 98: 471-481.
- FINE, D. y CRAIG, G.T. 1981: "Buccal surface wear of human premolar and molar teeth: a potential indicator of dietary and social differentiation". *Journal of Human Evolution* 10: 335-344.
- FORNACIARI, G. y MALLEGGNI, F. 1987: "Palaenutritional studies on skeletal remains of ancient populations from the Mediterranean area: an attempt to interpretation". *Anthropologischer Anzeiger* 45 (4): 361-370.
- GONZÁLEZ-ABAD, M.J. 1996: *Efectos del estrés crónico y de la actividad glucocorticoide sobre el crecimiento: modificaciones en el esqueleto craneal de la rata*. Series Tesis Doctorales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- HILLSON, S. 1996: *Dental anthropology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- KAPLAN, L.; SMITH, M.B. y SNEDDON, L.A. 1992: "Cereal grain phytoliths of Southwest Asia and Europe". En G. Rapp y S.C. Mulholland (eds.): *Phytoliths Systematics. Emerging Issues*. Plenum Press. Nueva York.
- KATZENBERG, M.A. 1992: "Advances in stable isotope analysis of prehistoric bones". En S.R. Saunders y A. Katzenberg (eds.): *Skeletal biology of past peoples: research methods*. Wiley-Liss Inc. New York: 105-119.
- MARTÍN, O. 1993: *Determinación elemental de componentes mayoritarios, minoritarios y traza en tejido óseo por espectrometría de emisión por plasma de acoplamiento inductivo*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- MIDDLETON, W. y ROVNER, I. 1994: "Extraction of opal phytoliths from herbivore dental calculus". *Journal Archaeological Science* 21: 469-473.
- MOLLESON, T.M.; JONES, K. y JONES, S. 1993: "Dietary change and the effects of food preparation on microwear patterns in the Late Neolithic of abu Hureyra, northern Syria". *Journal of Human Evolution* 24: 455-468.
- PÉREZ-PÉREZ, A.; BERMÚDEZ DE CASTRO, JM. y ARSUAGA, JL. 1999: "Nonocclusal dental microwear analysis of 300.000 year old *Homo heilderbergensis* teeth from Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain)". *American Journal of Physical Anthropology* 108: 433-457.
- PÉREZ-PÉREZ, A.; JIMÉNEZ BROBEIL, S. y TRANCHO, G.J. 1991: "Análisis de oligoelementos: estudio de la dieta en poblaciones de la Península Ibérica". En M. Botella, S. Jimenéz y P. Souich (eds.): *Nuevas perspectivas en Antropología*. Universidad de Granada. Granada: 719-730.
- PIPERNO, D. 1988: *Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press. London.
- ROBLEDO, B. 1998: *Dieta, indicadores de salud y caracterización biomorfológica de la población medieval musulmana de Xarea (Vélez Rubio, Almería)*. Series Tesis Doctorales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- ROVNER, I. 1983: "Plant opal phytolith analysis: Major advances in archaeobotanical research". En M.B. Schiffer (ed.): *Advances in Archaeological Method and Theory*. Academic Press. Nueva York.
- SILLEN, A. y KAVANAGH, M. 1982: "Strontium and paleodietary research: a review". *Yearbook Physical Anthropology* 25: 67-90.
- TRANCHO, G.J.; LÓPEZ-BUEIS, I. y ROBLEDO, B. 1997: *Paleodieta de la población ibérica de Villasviejas del Tamuja. Análisis de la necrópolis de El Mercadillo (Botija, Cáceres)*. Universidad Complutense Madrid. Madrid.
- TRANCHO, G.J. y ROBLEDO, B. 2002: "Datos culturales y nutricionales aportados por los dientes". En Mapfre (ed.): *Antropología y Paleontología dentarias*. Ed. Mapfre. Madrid: 151-212.
- 2003: "Human skeletal remains from the Mesolithic site of Sheikh Mustafa (Central Sudan). An anthropometric and palaeodietary analysis". *Complutum* 14: 401-408.
- 2004a: "Paleodieta en el Reino de León. Análisis de oligoelementos en el Panteón de Reyes de San Isidoro". *Zona Arqueológica* 4: 500-515.
- 2005: "Paleodieta y patrón económico en la población megalítica de Azután". En P. Bueno, R. de Balbín y R. Barroso: *El Dolmen de Azután. Áreas de habitación y áreas funerarias en la cuenca interior del Tajo*. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid: 251-278.
- 2007: "Análisis paleoantropológico de dos poblaciones de la Edad del Hierro en la provincia de Burgos". Universidad Complutense de Madrid. (en prensa).
- TRANCHO, G.J.; ROBLEDO, B. y LÓPEZ-BUEIS, I., 2004b: "Análisis antropológico y de oligoelementos. Determinación de dieta alimenticia". En A. Jimeno (ed.): *La necrópolis celtibérica de Numancia*. Arqueología en Castilla y León 12. Valladolid: 433-445.

TRANCHO, G.J.; ROBLEDO, B.; LÓPEZ-BUEIS, I. y FABIÁN, F.J. 1996: "Reconstrucción del patrón alimenticio de dos poblaciones prehistóricas de la Meseta Norte". *Complutum* 7: 73-90.

UNGAR, P.S. y SPENCER, M. 1999: "Incisor microwear, diet, and tooth use in three Amerindian populations". *American Journal of Physical Anthropology* 109: 387-396.