

Paleodieta: un acercamiento al estudio de la alimentación en las poblaciones del pasado

Juan Miguel Cervera Añón

Licenciado en Química. Universidad de Jaén

jmcerveraa@terra.es

RESUM

Mitjançant l'anàlisi química d'elements traça en restes òssies humans, la Química contribueix al coneixement de les poblacions passades, col·laborant amb l'Arqueologia i complementant l'estudi antropològic i paleopatològic, ajudant-nos així a un millor enteniment de la vida, economia i subsistència d'antigues civilitzacions.

Paraules Clau:

Paleodieta; Elements traça; Arqueologia; Antropologia

ABSTRACT

By means of the chemical analysis of trace elements in human bones, Chemistry contributes to the knowledge of the passed populations, collaborating with Archaeology and complementing the anthropological and paleopathological study, helping us thus to a better understanding of the life, economy and subsistence of old civilizations

Keywords:

Paleodiet; Trace elements; Archaeology; Anthropology

RESUMEN

Mediante el análisis químico de elementos traza en restos óseos humanos, la Química contribuye al conocimiento de las poblaciones pasadas, colaborando con la Arqueología y complementando el estudio antropológico y paleopatológico, ayudándonos así a un mejor entendimiento de la vida, economía y subsistencia de antiguas civilizaciones.

Palabras clave:

Paleodieta; Elementos traza; Arqueología; Antropología

1.- Introducción

Cada vez son más los estudios que se pueden realizar, a nivel arqueológico, sobre los restos óseos humanos que, en un momento dado, pueden aparecer

dentro de un contexto arqueológico dado.

Tales estudios, que abarcan desde el complejo examen antropológico (pro-

Rebut: 2 març 2011; Acceptat: 21 octubre 2011

porcionándonos edad, sexo, estatura,...), complementados por el análisis paleopatológico, procesos tafonómicos, procesos posicionales y post deposicionales, etc., pueden ampliarse con un sinnúmero de métodos químicos que nos aporten información desde la composición química del hueso y el grado de alteración del mismo, hasta el conocimiento de la dieta que llevaban a cabo las poblaciones en el pasado, pasando por la caracterización del ADN de un individuo preservado en uno de sus dientes. En las fotografías 1 y 2 se pueden observar las diferencias en el patrón de desgaste dental en el maxilar superior de dos individuos adultos, C.F. 67 y C.F. 102, de una necrópolis árabe en Málaga (siglo X), excavada en 2009 y en fase final del estudio antropológico y paleopatológico. Podemos intuir como la diferencia en la dieta de ambos individuos es notable.



Fotografía 1: Dentición maxilar del individuo C.F. 67 (adulto, alofiso), en la que se observa un desgaste de los primeros molares grado 5 (Brothwell, 1987). Fotografía del autor. Con permiso de Juan B. Salado Escaño.



Fotografía 2: Dentición maxilar del individuo C.F. 102 (adulto, femenino) en la que se no observa desgaste reseñable de las piezas dentarias. Fotografía del autor. Con permiso de Juan B. Salado Escaño.

Desde mediados del pasado siglo XX, se han llevado a cabo multitud de estudios científicos paleoquímicos, que han proporcionado información sobre la composición químico-molecular de numerosos individuos, demostrando la existencia de una correlación directa entre la composición química del hueso y el tipo de economía que estos tenían, es decir, el consumo de productos vegetales y la ingesta de proteínas animales.

1.2.- Composición química del hueso

Los huesos y dientes están formados por cristales de fosfato cálcico, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, denominado hidroxapatita o hidroxiapatita, íntimamente ligados a una matriz orgánica compuesta en su mayor parte por proteínas (colágeno).

La parte mineral del hueso se encuen-

tra además constituida por cantidades variables de distintos elementos traza, tales como el estroncio (Sr), cobre (Cu), vanadio (V), cinc (Zn), plomo (Pb) ..., que se definen como elementos químicos que se encuentran en pequeñas cantidades en el organismo, siendo algunos de ellos esenciales para la vida.

Algunos de estos elementos no parecen ser esenciales en la dieta, pero debido a semejanzas en sus propiedades físico-químicas (radio iónico, estado de oxidación,...), penetran en el organismo de forma pasiva llegando a reemplazar o sustituir a algunos de los átomos de calcio que forman parte de la hidroxiapatita del hueso.

Tanto los organismos vegetales como animales, incluido el ser humano, tienden a desechar los elementos no esenciales durante el proceso de asimilación de los nutrientes que ingerimos, de manera que la concentración de estos elementos en el organismo, es menor en el consumidor que en el producto que se ha consumido. Este proceso de exclusión natural se conoce con el nombre de *biopurificación*.

Podríamos distinguir así tres tipos de elementos químicos con respecto a la conducta en el cuerpo humano:

a) Biológicamente inactivos: Se trata de elementos diferentes al calcio (Ca) que son asimilados por el in-

testino pero a muy bajos niveles, por lo que su concentración en sangre y en los tejidos se reduce drásticamente respecto a la concentración en la que se encontraban en los alimentos. Es el caso del cobre (Cu) y el vanadio (V).

b) Elementos como el calcio (Ca), estroncio (Sr) y bario (Ba), que son parecidos químicamente el uno al otro y que, por lo tanto, son difíciles de excluir por el organismo de la parte mineral del hueso. Su concentración en el hueso es proporcional a su contenido en la dieta.

c) Elementos biológicamente activos, como el hierro (Fe), cinc (Zn) y cobalto (Co), cuya concentración debe mantenerse constante en el cuerpo humano, ya que una disminución de los mismos en la dieta puede llegar a causar efectos patológicos en el organismo.

1.3.- Diagénesis

A la hora de realizar el estudio de los elementos traza en restos óseos procedentes de enclaves arqueológicos, hay que tener en cuenta el problema de las alteraciones *post mortem* debidas a la *diagénesis*.

El hueso es un material muy poroso y químicamente reactivo con el medio que le rodea y en el que ha sido inhumado. Estas características dan lugar a una serie de transformaciones químicas

continuas, que dependen críticamente de las características físicas y químicas del medio donde se ha llevado a cabo el enterramiento (tipo de suelo, pH,...). Al conjunto de procesos se le denomina *diagénesis*.

Aunque se trata de un proceso largo y complicado, podríamos resumir la evolución de la diagénesis como sigue: el conjunto de sales que se encuentran disueltas en el suelo, se van depositando, induciendo fenómenos de absorción e intercambio catiónico en el hueso (Burton, 2008), que dan lugar a la formación de nuevos cristales de hidroxiapatito que encierran a estos nuevos constituyentes.

Así, por ejemplo, el estudio de los niveles de elementos como el hierro (Fe), silicio (Si), aluminio (Al) ó manganeso (Mn), que podrían encontrarse en elevadas concentraciones en los sedimentos (dependiendo del tipo de suelo), normalmente se encuentran ausentes en el hueso “vivo”, pudiendo usarse como indicadores del grado de diagénesis.

2.- Los elementos traza. Técnicas de estudio.

Las plantas incorporan del medio que les sustenta elementos químicos que pasan a formar parte de sus tejidos. A diferencia del ser humano y los animales, las plantas no parecen poseer mecanismos de biopurificación, por lo que son un fiel reflejo de la disponibilidad y concentración de los elementos aprovechables en el medio (Robledo y Trancho, n.d.).

El ser humano se encuentra situado en el último eslabón de la cadena trófica, su dieta es variada incluyendo cereales, frutos secos, vegetales verdes, leche, moluscos, carne. Una dieta más rica en alimentos de origen vegetal dará lugar a la asimilación de ciertos elementos químicos que, de otra forma, no se aportarían al organismo en caso de una dieta basada en un mayor aporte proteico, es decir, rica en carne.

A finales de los años 80 del siglo XX se llevan a cabo una serie de estudios que concluyen estableciendo relaciones entre las concentraciones de Sr y Ca,

Elemento químico	Fuente alimenticia
Ba	Frutos secos, vayas, tubérculos, legumbres
Mg	Vegetales verdes, legumbres
V	Tubérculos, legumbres, leche y derivados ...
Sr	Dieta vegetal en general
Cu	Crustáceos, moluscos, vísceras, carne, frutos secos, miel ...
Zn	Crustáceos, moluscos, carne, cereales ...

Tabla 1: Elemento químico y fuente alimentaria de proveniencia.

definiendo patrones económico-dietéticos.

De igual forma, en función del cociente de concentración Zn/Ca, se pueden definir distintos niveles de ingesta cárnica (Fornaciari y Mallegni, 1987).

Así, por ejemplo, el Ba puede darnos indicios del consumo de bayas, frutos secos; el V sobre tubérculos y leche; Cu y Zn sobre la ingesta de moluscos y carne... (Tabla 1)

2.1.- Tipos de muestras y su elección

El procedimiento general consiste en el estudio comparativo de tres tipos de muestras: el sedimento donde se hallaba la inhumación, la muestra ósea de los individuos a analizar y muestras óseas de la fauna asociada al yacimiento.

2.1.1.- Tipos de muestra.

a) Muestras de sedimento. Trancho et al. proponen un protocolo organizado donde se evalúa la concentración de elementos traza en distintas muestras de tierra, tomadas a diferentes distancias de los restos orgánicos (Trancho *et al.*, 1996). La falta de protocolos normalizados en estos casos, y las características intrínsecas que conlleva una “intervención arqueológica de urgencia”, hace que las muestras de suelo se vean reducidas al sedimento que queda pegado a los propios restos óseos.

b) Muestras de hueso humanas. Deben provenir de tejido óseo compacto, utilizándose para ello la zona diafisaria de los huesos largos, casi siempre fémures y, ocasionalmente, tibias (Baraybar, 1995; Tiesler, 2002; Zapata, 2006), aunque en algunas ocasiones se han utilizado cráneos (Trancho, 2003; Murgo, 2002) y, en varias ocasiones, dientes (Bodoriková, 2010; Krzysztof, 2001) ya que el esmalte parece ser muy estable ante los procesos de contaminación diagenética, e inerte químicamente en un amplio rango de ambientes químicos agresivos (Burton, 2008 *op. cit.*), en contraposición a lo que ocurre con los huesos.

Las muestras para análisis no deben haber sido tratadas con consolidantes ni conservantes, ni deben usarse huesos que hayan estado en contacto directo con materiales metálicos pertenecientes al propio enterramiento (Zapata, 2006 *op. cit.*).

La densa mineralización de las diáfisis de los huesos largos les hace menos susceptibles a cambios diagenéticos, en contraposición con las costillas que están constituidas, en su mayor parte, por tejido esponjoso más débil ante las interacciones diagenéticas, por lo que no suelen usarse para el análisis de elementos traza (Sandfor, 1992, citado en Zapata, 2006 *op. cit.*).

De igual forma, el incluir restos óseos de individuos inmaduros puede dar lugar a variaciones en la composición promedio, debido a su baja mineralización y a su delgada corteza, siendo más susceptibles de contaminación post-mortem que los huesos de individuos adultos (Edward y Benfer, 1993, citado en Zapata, 2006 *op. cit.*).

c) Muestras óseas de fauna. Están condicionadas a los restos que se encuentren en el yacimiento, seleccionándose principalmente huesos largos de herbívoros (vacas, cabras, ovejas), omnívoros (cerdos) y carnívoros (*Felis*) (Subirá, 1993).

2.2.- Pretratamiento de las muestras

El primer procedimiento que hay que llevar a cabo, antes del análisis de la muestra, consiste en un proceso de abrasión mecánica con una broca de carburo para eliminar la capa más externa (Tiesler, 2002 *op. cit.*; Trancho 2003 *op. cit.*), disminuyendo el efecto de contaminación por diagénesis.

Posteriormente se lleva a cabo una limpieza química sometiendo los restos óseos a una disolución de ácido diluida, cuyo objetivo es también el de reducir los efectos de la diagénesis (Tiesler, 2002 *op. cit.*; Subirá, 1993 *op. cit.*; Trancho 1996 *op. cit.*).

Finalmente, se calcina la muestra y las cenizas obtenidas se disuelven en ácido

nítrico (HNO_3) puro. Se deja enfriar y se enrasa con agua ultrapura en un matraz aforado.

El último paso es el de inyectar la muestra en el aparato que hayamos elegido para el análisis.

2.3.- Métodos analíticos y análisis de las muestras.

La bibliografía especializada que se ha consultado propone numerosas técnicas de análisis entre las que cabría enumerar: Espectroscopía de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES), Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), Fluorescencia de Rayos X (XRF), Activación de Neutrones (NAA), Espectrofotometría de Rayos X (XRS), Análisis de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) y, en último lugar, la técnica de Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente por Ablación Láser (LA-ICP-MS), mediante la cual se obtienen pequeñas cantidades de materia de la superficie de la muestra, sin necesidad de destruir esta, permitiendo hacer múltiples medidas a escala microscópica a lo largo de la superficie de la muestra.

La más utilizada por los investigadores españoles que han sido consultados es la técnica de Espectroscopía de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES), que se

clasifica como técnica destructiva ya que requiere un tratamiento químico previo, agresivo para la muestra, aunque esta no suele ser superior a 1 gramo.

Un plasma es, por definición, una mezcla gaseosa conductora de la electricidad. Se genera un núcleo, blanco brillante y muy intenso, que termina en una cola en forma de llama que puede alcanzar una temperatura de hasta 10000 K (superior a los 9000 °C). Para generar el plasma se emplea gas Argón y un generador de radio frecuencias (Skoog, 1994).

La muestra, previo tratamiento químico para poder disolverla, se introduce de forma líquida transformándose posteriormente en un aerosol. Cuando la muestra nebulizada alcanza el plasma, esta se atomiza y se convierte en iones, a una temperatura de entre 4000 K y 8000 K, la cual produce una excitación de los electrones a niveles de mayor energía durante un tiempo muy breve, después del cual los electrones vuelven a caer a su nivel de energía más estable, emitiendo un fotón con una longitud de onda característica para cada elemento químico.

La “luz” que desprenden estos fotones se recoge en un detector que mide su intensidad y, de forma indirecta, su concentración en nuestra disolución y, por tanto, en nuestra muestra de hueso.

Para conocer la concentración de cada elemento es necesario calibrar el aparato introduciendo muestras de concentración perfectamente conocida (disoluciones patrón), de cada uno de los elementos químicos que queramos analizar.

El proceso es más complicado de como aquí se ha descrito, de forma simplista, para su comprensión.

3.- Conclusiones

El paso siguiente, una vez conocida la concentración de los distintos elementos traza de estudio para cada una de las muestras de estudio que habíamos propuesto, suelo y huesos (humano y animal), consiste en correlacionar estadísticamente estos datos, proporcionándonos así una idea sobre el patrón económico-dietético de esa población.

Podemos considerar, a grandes rasgos, teniendo en cuenta que por proporcionar en el presente artículo una mera idea simplista de los hechos, no hemos contado con la existencia e influencia de varios factores diagenéticos, entre otros, que la relación entre el cociente de Zn y Ca (Tabla 2) nos proporciona una idea sobre el nivel de ingesta cárnica, y la relación entre las concentraciones de Sr y Ca (Tabla 3) una idea sobre el nivel de dieta vegetal:

Valor cociente Zn/Ca	Nivel de ingesta cárnica
0 – 0.35	Pobre
0.36 – 0.50	Media
> 0.50	Rica

Tabla 2: Relación entre el cociente de concentraciones Zn/Ca y el nivel de ingesta de proteínas animales

Valor cociente Sr/Ca	Tipo de economía
0 – 0.40	Economía Pastoril
0.41 – 0.60	Mixta
0.61 – 0.70	Agrícola
> 0.70	Vegetariana

Tabla 3: Relación entre el cociente de concentraciones de Sr/Ca y el tipo de economía-dietética

Valor Ca/P	Índice diagenético
2.16	Valor teórico normal
2.20	Valor normal actualmente
≥ 2.50	Obvia diagénesis

Tabla 4: Relación entre el cociente de concentraciones de Ca/P y el índice diagenético

De igual forma, el valor de la relación entre las concentraciones de Ca y P nos da idea sobre el grado de diagénesis de nuestra muestra (Tabla 4):

Podemos llegar a conocer el grado de consumo de recursos terrestres o marinos evaluando para ello el logaritmo de la relación de concentraciones de Ba y Sr (Burton y Price, 1990, citado en Trancho, 1996 *op. cit.*) (Tabla 4):

Los niveles de Fe, siempre comparándolos con los del suelo, suelen ser un indicador de diagénesis (Trancho y Robledo, (1999).

Los niveles de V suelen indicar una dieta rica en tubérculos, cereales, leche. En el caso de niños niveles elevados de V pueden asociarse con el consumo preferente de leche y productos vegetales (Trancho, 1996 *op. cit.*) y, en otros casos, con la ingesta de dieta blanda y derivados de la leche (Robledo, 1998,

citado en Trancho (1999) op. cit.). ■

Bibliografía

BARAYBAR, J.P. & DE LA RUA, C. (1995): Estudio antropológico de la población de Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). Consideraciones sobre la demografía, salud y subsistencia, *Munibe*, 47, 151-157

BODORIKOVA, S. et al. (2010): Analysis of trace elements in the teeth of individuals from the former crypt in St. Catherine Monastery in Dechtice (district Trnava, Slovakia), *Scripta Medica*, 83 (1), 49-58

BURTON, JAMES (2008): Biological anthropology of the human skeleton, en Katzenberg, M.A. & Saunders, S.R. (eds), *Bone chemistry and trace element analysis*, (443-460). USA: John Wiley & Sons.

BROTHWELL, D. (1987): *Desenterrando huesos*. Fondo de Cultura Económica. Ed. México.

FORNACIARI, G. & MALLEGNI, F. (1987): Paleonutritional study on skeletal remains of ancient populations from the Mediterranean area: an attempt of interpretation, *Anthrop. Anz*, 45 (2), 361-370

KRZYSZTOF, S. & GLAB, H. (2001): Trace elements concentrations in human teeth from a Neolithic com-

mon grave at Nakonowo (Central Poland), *Variability and Evolution*, 9, 51-59

MURGO, A. (2002). Primeros análisis de elementos traza para restos humanos del Holoceno del Sector Centro de la Pampa Deprimida, Pcia de Buenos Aires. Sus alcances para la evaluación de dietas prehistóricas. *3er Congreso Virtual de Antropología y Arqueología, NAYÁ 2002*. Obtenida de http://www.naya.org.ar/congreso2002/ponencias/andrea_murgo.htm

SKOOG, D.A. & LEARY, J.S. (1994): Análisis instrumental, en McGraw-Hill/Iberoamericana de España, *Espectroscopía de emisión basada atomización con plasma, arco y chispa*, (pp. 272-295), Madrid: McGraw-Hill

SUBIRÁ, M. E. (1993): *Elemento traza en restos humanos talayóticos. Estudio de la necrópolis de S'Illet des Porros, Santa Margarida, Mallorca*, Libros Pórtico, Zaragoza

TIESLER, V., SIERRA, T. & TEJEDA, S. (2002): Nutrición y condiciones de vida en la costa norte de la Península durante el Clásico: Una visión desde Xcambo, Yucatán, en *XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2001 (pp. 752-762). Ciudad de Guatemala, Guatemala. Obtenida de [---

Estrat Crític 6. \(2012\): 156-165](http://asocia-</p></div><div data-bbox=)

ciontikal.com/pdf/64.01%20-%20Ties-ler%20-%20en%20PDF.pdf

TRANCHO, G.J. & ROBLEDO, B. (n.d.): *El patrón alimenticio de las poblaciones pasadas ¿Qué comían las poblaciones del pasado?* Obtenida de http://man.mcu.es/museo/JornadasSeminarios/acercandonos_al_pasado/archivos_pdf/trancho.pdf

TRANCHO, G.J. & ROBLEDO, B. (1999): *Paleodieta: Estudio del patrón alimenticio en El Cerro de la Cabeza (Ávila).* Obtenida de <http://www.ucm.es/info/antropo/trancho/dieta.htm>

TRANCHO, G.J. & ROBLEDO, B. (2003): Los restos óseos humanos del yacimiento Mesolítico de Sheikh Mustafa (Sudán Central). Estudio antropométrico y de Paleodieta, *Complutum*, 14, 401-408

TRANCHO et al. (1996): Reconstrucción del patrón alimenticio de dos poblaciones prehistóricas de la Meseta Norte, *Complutum*, 7, 73-90

ZAPATA, J. et al. (2006): Diagenesis, not biogenesis: Two late Roman skeletal examples, *Science of the Total Environment*, 369, 357-368