

C. Lalueza¹
A. Pérez-Pérez¹
E. Chimenos²

Los fitolitos en la dieta de nuestros antepasados

1 Facultad de Biología
2 Facultad de Odontología
Universidad de Barcelona

Correspondencia:
C. Lalueza
Facultad de Biología,
Sección de Antropología
Av. Diagonal 645
08028 Barcelona.

INTRODUCCIÓN

Los avances en las técnicas de microscopía electrónica de barrido y su adopción por parte del colectivo científico han proporcionado en los últimos decenios una gran cantidad de nueva información relacionada con las piezas dentarias, a la que antes no se había podido acceder.

Por una parte, los estudios de microhistología han permitido conocer detenidamente el proceso de amelogenénesis⁽¹⁻³⁾ y los ritmos de formación del esmalte dentario. Los recuentos de periquimatas se han usado para inferir diferencias interespecíficas en la velocidad de desarrollo entre *Homo* y *Australopithecus*^(4,5) y para obtener estimaciones ajustadas de la edad de los individuos^(6,7). Por otra parte, el descubrimiento de que algunas partículas abrasivas del alimento producían estriaciones en la superficie del esmalte dentario ha llevado a numerosos autores a intentar relacionar estos patrones de estriación con la dieta⁽⁸⁻²²⁾. La aplicación de estos estudios a fósiles humanos ha proporcionado información muy útil sobre la naturaleza de la dieta, por comparación con los patrones observados en poblaciones actuales.

La fuente de información más novedosa sobre este aspecto de la dieta la constituye el estudio de los *fitolitos*

que, procedentes de los vegetales, han quedado inmovilizados sobre el esmalte, al final de alguna de las estrías que ellos mismos han producido. Los fitolitos son cuerpos de sílice que se forman en los vegetales a nivel extra e intracelular. Las plantas absorben sílice disuelto del suelo y, sin que dispongan de mecanismos para evitarlo, éste se deposita en tallos y hojas en forma de cuerpos sólidos. La mayoría de los fitolitos tienen unas dimensiones de entre 10 µm y 100 µm, generalmente alrededor de los 10 µm de diámetro⁽²³⁾. Los distintos vegetales contienen tipos diferentes de fitolitos. Sin embargo, algunos vegetales no presentan fitolitos o tienen muy pocos, como es el caso de las leguminosas. En cambio, las gramíneas tienen mucho sílice, depositado tanto en la etapa reproductiva como en la vegetativa. En general, se puede establecer una relación directa entre el consumo de gramíneas y la presencia de fitolitos. Las morfologías de los fitolitos suelen ser características de una familia vegetal, pero en realidad hay muy pocas plantas que contengan fitolitos que sean únicos en su forma⁽²⁴⁾. El gran desgaste dentario de los herbívoros se puede relacionar con la alta concentración de fitolitos en plantas herbáceas⁽²⁵⁾. La ingestión de fitolitos no es un factor despreciable, ya que se ha calculado, por ejemplo, que una oveja puede ingerir alrededor de 10 kg de fitolitos al año⁽²³⁾. Ello puede favorecer, en algunos

casos, la aparición de problemas sanitarios. Como ejemplo, los fitolitos se pueden encontrar a veces en el interior de cálculos de riñón.

Se han realizado diversos trabajos sobre fitolitos, principalmente a partir de ovejas y de otros herbívoros, tanto en seres vivos como en restos arqueológicos⁽²⁵⁻²⁸⁾. Piperno y Ciochon⁽²⁹⁾ fueron los primeros en buscar fitolitos en restos fósiles, concretamente en dientes de *Gigantopithecus*.

La observación de los fitolitos sobre el esmalte dentario constituye un eslabón más de la especialización científica en los campos de la Antropología y la Odontostomatología aplicadas al estudio del pasado, ya que en definitiva se estudia un fósil que se encuentra sobre otro fósil.

En este trabajo previo, se ha intentado poner a punto una metodología estandarizada de microscopía electrónica y averiguar las posibilidades del estudio de los fitolitos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado en total seis individuos medievales, de la población castellana de La Olmeda (Palencia), analizándose un diente por individuo. Se han observado tanto dientes anteriores (incisivos y caninos), como posteriores (molares), intentándose determinar si existen diferencias en la densidad y distribución de los fitolitos, considerando para este estudio sólo la cara vestibular.

Se ha seguido en parte el protocolo descrito por Piperno y Ciochon⁽²⁹⁾. Los dientes seleccionados se limpiaron cuidadosamente con un detergente de laboratorio (Alconox[®]), y posteriormente se sumergieron durante dos horas en una solución de ácido acético al 20%, para eliminar posibles depósitos de carbonato cálcico.

Se ha utilizado un microscopio electrónico de barrido (Cambridge Stereoscan S-120), con un poder de resolución de 6 nm, aumentos de 9 a 200.000 y un potencial de aceleración de 1 a 30 kV. Este microscopio lleva incorporado un ordenador con un sistema de microanálisis, que permite detectar en 100 segundos la composición elemental de cualquier punto que se señale en la pantalla del microscopio mediante un cursor. Para tener la seguridad de que los objetos localizados eran efectivamente fitolitos de sílice, se recurrió en cada caso

al microanálisis. Si se trataba de fitolitos, se obtenía en la pantalla del ordenador un pico de sílice, acompañado a veces por picos secundarios de calcio y de fósforo, que son los principales componentes del esmalte. En ocasiones, se obtenía un pico de aluminio, que es el elemento que forma el disco de microscopía electrónica que se utiliza como soporte.

Los dientes a estudiar se introducían en el microscopio, aunque se les hacía previamente un recubrimiento de carbono de unos 100 Å de espesor. El carbono es un elemento cuyo espectro no interfiere con el del sílice, el elemento que nos interesaba valorar. El recubrimiento de carbono es menos agresivo para el diente que el metalizado con oro (el más usado en microscopía electrónica de barrido), y puede eliminarse de forma relativamente fácil con acetona. Sin embargo, el diente ha de fijarse sobre el disco de microscopía con unas gotas de plata coloidal, para que la muestra tenga conductividad. Es evidente que, para el estudio de restos fósiles, debería utilizarse una metodología que no implicara ninguna manipulación directa del espécimen. En tal caso, se tendría que disponer de un microscopio que pudiera trabajar a potenciales muy bajos (por ejemplo, a 5 kV), sin ningún recubrimiento previo de la muestra.

Las muestras se observaron a diferentes aumentos (de 500 hasta 1500, dependiendo del tamaño del fitolito), con un voltaje de 20 kV. Se seleccionaron para el estudio sólo los fitolitos que se hallaban asociados a alguna estría, para evitar posibles contaminaciones de la tierra del área de enterramiento, ya que los fitolitos de plantas que han desaparecido se conservan en el suelo durante largo tiempo. Las partículas que aparecían en el microscopio rodeadas de una fuerte carga electrostática, en forma de sombra muy visible, eran contaminaciones de laboratorio, posteriores al propio recubrimiento de carbono. Aunque la muestra se manejara con cuidado, era frecuente observar en la superficie del diente la presencia de partículas de polvo que sin la ayuda del microanálisis, hubieran podido confundirse con fitolitos.

RESULTADOS

Los resultados de la observación de fitolitos se exponen en la tabla 1.

Tabla 1

Código ind.	Diente	Nº fitolitos	Morfología
0-121	M _i (36)	—	—
0-163	M _i (37)	7	Redondeados, triangulares, rectangulares
0-148	M _d (46)	3	Redondeados
0-125	C _d (43)	6	Redondeados, triangulares, rectangulares
0-179	I _i (21)	1?	Redondeado
0-133	C _i (33)	1?	Rectangular

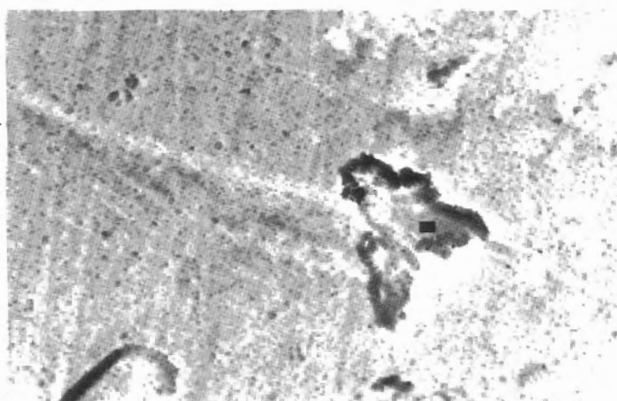


Figura 2. Fitolito de 40 µm asociado a una estría (x813).
 Corresponde a un individuo de época medieval, procedente de Palencia (véase texto).

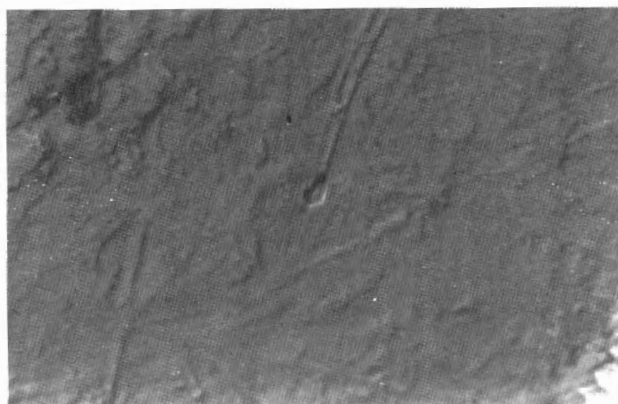


Figura 1. Fitolito de 10 µm asociado a una estría (x799).
 Corresponde a un individuo de época neolítica, procedente de Barcelona (véase texto).

Los diámetros máximos observados van desde 10 µm a 60 µm, con un promedio de cerca de 20 µm. La mayoría de los fitolitos presentan una morfología angular, tanto a partir de formas rectangulares como triangulares. Hay también formas básicamente redondeadas, aunque pueden presentar algún ángulo agudo en la superficie que está en contacto con el esmalte.

La figura 1 muestra un fitolito de pequeño tamaño (unas 10 µm de longitud), fotografiado a 799 aumentos, y claramente asociado a una estría. Es posible observar cómo un único objeto ha producido una estriación doble, en la superficie de este diente, perteneciente a un individuo de época neolítica, no incluido en el estudio.

En la figura 2 se observa un fitolito a 813 aumentos, que tiene forma subtriangular y que mide alrededor de 40 µm en su lado más largo. Está asociado a una estría

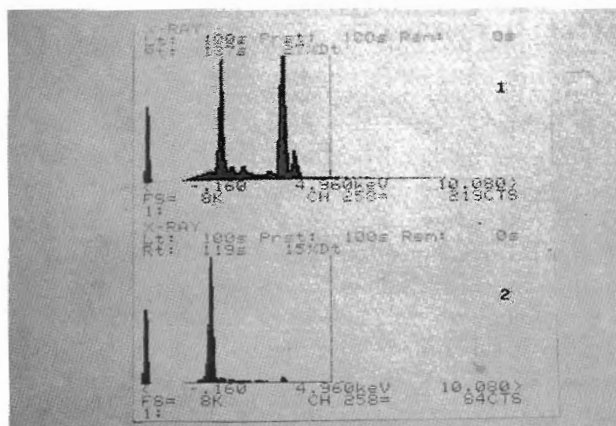


Figura 3. Resultados del microanálisis en dos casos diferentes (1: aplicado sobre el esmalte dentario; 2: aplicado sobre un fitolito) (véase texto).

que aparece por el lado izquierdo de la fotografía. En el centro del fitolito se puede ver el cursor que se utiliza para señalar el punto de inicio del microanálisis. Corresponde al individuo O-163 de época medieval, incluido en el estudio.

En la figura 3 pueden verse los resultados del microanálisis para dos casos diferentes. En el análisis

superior, se obtuvieron dos picos. El de la izquierda corresponde al fósforo y el de la derecha al calcio (que presenta típicamente un pico secundario a la derecha del principal). Estos dos elementos son los principales constituyentes del esmalte. En este ejemplo, el microanálisis fue aplicado directamente sobre la superficie dentaria, y por tanto, no era de esperar la presencia mayoritaria de ningún otro elemento. En el segundo ejemplo, el microanálisis se aplicó sobre un fitolito, obteniéndose un pico de sílice. En ambos casos puede observarse otro pico situado completamente a la izquierda, que corresponde al recubrimiento de carbono, y que se utiliza para calibrar el microanálisis.

DISCUSIÓN

En general, la búsqueda de fitolitos se reveló como un proceso largo y tedioso, a veces infructuoso. El examen de la superficie dentaria a elevados aumentos tampoco facilita la tarea para realizar una exploración sistemática. Por otra parte, parece desprenderse de los resultados que el hecho de que un fitolito permanezca clavado en el esmalte es un hecho relativamente extraordinario. Además, no todos los fitolitos deben tener las mismas posibilidades de producir una estría y por tanto, de permanecer hundidos al final de ella. Es de destacar que la mayoría presentan morfologías con algún tipo de expansiones puntiagudas. Esto podría significar que los fitolitos con este tipo de morfología tienen muchas más facilidades para clavarse en el esmalte que los de otros tipos, lo que limitaría la información que este tipo de estudio puede proporcionar. Tampoco parece observarse ninguna diferencia clara entre la dentición anterior y la posterior, ni se observa ningún patrón de distribución característico a lo largo del diente, si bien la mayoría han sido hallados en el tercio medio de la corona, respecto a su altura.

La relación de algunos fitolitos se hacía evidente a unos aumentos moderados (x200 x400), pero muchas veces era difícil de observar a partir de los 500 aumentos, ya que el relieve de la estría parecía desaparecer. En ocasiones, el fitolito se hallaba claramente asociado al final de alguna estría, mientras que otras veces parecía reposar simplemente sobre una estría, pero desplazado respecto al extremo de ésta. A veces, el fitolito aparecía

claramente hundido en el esmalte, formando incluso como una depresión a su alrededor.

Es evidente que hay otras causas de formación de estrías aparte de los fitolitos. De no ser así, los cazadores-recolectores totalmente carnívoros, como los esquimales, no presentarían estrías, ya que no tienen apenas aporte de vegetales en su dieta. No es así, aunque muestran estrías en menor número que otros grupos. Las estrías no producidas por fitolitos podrían ser debidas a la incorporación de polvo, arena, cenizas y otras partículas abrasivas con la comida, lo cual puede relacionarse con las técnicas de conservación, limpieza y preparación de los alimentos. Sin embargo, durante el estudio microscópico de la superficie dentaria, no se observaron otros cuerpos, aparte de los fitolitos, que pudieran estar relacionados con la producción de las estriaciones.

Las limitaciones de clasificación de los fitolitos se pueden obviar en parte por medio de consideraciones ecológicas particulares del grupo humano estudiado, del período y de la zona. En estos momentos, uno de los principales condicionamientos de este tipo de estudio es la falta de información que hay sobre la taxonomía de los fitolitos, limitación que es todavía más evidente en lo que atañe a la zona mediterránea. Los especialistas en fisiología vegetal no han empezado a estudiarlos detenidamente hasta hace pocos años, en parte porque no parecen tener más que un papel puramente estructural en los vegetales.

CONCLUSIONES

El estudio de los fitolitos presentes en el esmalte dentario proporciona información directa sobre el tipo de vegetales que consumió el individuo, aunque no puede precisar la importancia de un determinado vegetal en la dieta, ni puede descartar la ingestión de otros vegetales que no poseyeran fitolitos, o que no se quedaran en el esmalte.

Los fitolitos no discriminan generalmente más allá del nivel de familia vegetal, aunque en el caso de algunas gramíneas es posible distinguir entre los fitolitos de las especies salvajes y las cultivadas. Este tipo de estudio parece ofrecer buenas expectativas en el caso del período neolítico (Fig. 1). En restos fósiles, cualquier información sobre la dieta, aun asumiendo las

260 limitaciones del estudio de los fitolitos, resultaría de gran utilidad, ya que normalmente no se dispone de datos arqueológicos complementarios.

En resumen, el protocolo empleado comporta varias fases sucesivas, que a partir de tener el diente en el microscopio electrónico, son:

1. Localización de un fitolito que se encuentre en estrecha relación con una estría.
2. Comprobación, mediante microanálisis, de la naturaleza silícica del fitolito.
3. Fotografía del fitolito.
4. Clasificación taxonómica posterior.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Boyde A. *Scanning electron microscopy studies of the completed enamel surface*. Fearnhead & Stack (Eds), 1971: 39-42.
- 2 Hillson S. *Diet and dental diseases*. World Archae. II. 2, 1979. Food and nutrition.
- 3 Beynon AD. Replication technique for studying microstructure in fossil enamel. *Scanning Microsc* 1987;1:663-669.
- 4 Bromage TG, Dean MC. Re-evaluation of the age at death of Plio-Pleistocene fossil hominids. *Nature* 1985;317:525-528.
- 5 Dean MC. The developing dentition and tooth structures in hominoids. *Folia Primatol* 1989;53:160-176.
- 6 Dean MC, Stringer CB, Bromage TG. Age at Death of the Neanderthal Child from Devil's Tower, Gibraltar, and the Implications for Studies of General Growth and Development in Neanderthals. *Am J Phys Anthropol* 1986;70:301-309.
- 7 Stringer CB, Dean MC, Martin RD. A comparative study of cranial and dental development in recent British sample and Neandertals. En: De Rosseau CJ (Ed.). *Primate Life History and Evolution*, Alan Liss, New York, 1990.
- 8 Puech PF. L'alimentation de l'homme préhistorique. *La Recherche* 1978;94:1029-1031.
- 9 Puech PF. The Diet of Early Man: Evidence from Abrasion of Teeth and Tools. *Current Anthropology* 1979;20(3):590-592.
- 10 Puech PF, Pant R. Un Modele d'Etude de l'Alimentation des Hommes Fossiles. *Bulletins et Memoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 1980;7(13):61-64.
- 11 Puech PF, Albertini H, Mills NTW. Dental Destruction in Broken-Hill Man. *J Hum Evol* 1980;9:33-39.
- 12 Fine D, Craig GT. Buccal Surface Wear of Human Premolar and Molar Teeth: A Potential Indicator of Dietary and Social Differentiation. *J Hum Evol* 1981;10:335-344.
- 13 Walker A. SEM analysis of Microwear and its Correlation with Dietary Patterns. *Am J Phys Anthropol* 1979;50:489.
- 14 Walker A, Teaford MF. Dental Microwear: What it tells us about diet and dental function? *Am J Phys Anthropol* 1988;75:284-285.
- 15 Grine FE. Deciduous molar microwear of South African australopithecines. En: Chivers DJ, Wood BA, Bilsborough A. (eds): *Food Acquisition and Processing in Primates*. New York, Plenum Press, 1984: 525-534.
- 16 Gordon KD. A study of microwear on Chimpanzee molars: implications for dental microwear analysis. *Am J Phys Anthropol* 1982;59:195-215.
- 17 Teaford MF. Molar microwear and diet in the genus Cebus. *Am J Phys Anthropol* 1985;66:363-370.
- 18 Ryan AS. Wear striation direction on primate teeth: A scanning electron microscope examination. *Am J Phys Anthropol* 1979;50:155-168.
- 19 Ryan AS, Johanson DC. Anterior dental microwear in *Australopithecus afarensis*: comparisons with human and nonhuman primates. *J Hum Evol* 1989;18:235-268.
- 20 Pérez-Pérez A. *Evolución de la dieta en Cataluña y Baleares desde el Paleolítico hasta la Edad Media a partir de restos esqueléticos*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, Septiembre 1990.
- 21 Pérez-Pérez A, Lalueza C, Turbon D. *Intraindividual and Intragroup Variability of Vestibular Tooth Striation Pattern*. 1991 (en preparación).
- 22 Chimenos Küstner E. *Estudio paleoestomatológico de poblaciones prehistóricas de Catalunya*. Libros Pórtico, S.A. Zaragoza, 1990.
- 23 Walker A. *Diet and teeth. Dietary bipothesis and human evolution*. The Royal Society of the British Academy, 1981.
- 24 Blackman E. Opaline silica bodies in the range grasses of southern Alberta. *Canad J Bot* 1971;49:769-781.
- 25 Baker G, Jones LHP, Wardrop ID. Cause of wear in sheeps' teeth. *Nature* 1959;184:1583-1584.
- 26 Baker G, Jones LHP, Waldrop ID. Opal phytoliths and mineral particles in the rumen of the sheep. *Australian Journal of Agric Research* 1961;12:462-471.
- 27 Jones LH, Handreck KA. The relation between the silica content of the diet and the excretion of silica by sheep. *J Agric Sci* 1965;65:129-133.
- 28 Cherouvrier A, Gueguen A, Lefeuvre JC. Essai de détermination du régime alimentaire d'animaux herbivores à l'aide des phytolithes des Graminées et des Cypéracées. Description, après étude en microscopie électronique à balayage, des principaux types de phytolithes rencontrés. *CR Acad Sc Paris* 1975;281:839-843.
- 29 Piperino D, Ciochon R. *Scratching the surface of evolution*. New Scientist, 10 November 1990:47-49.