

EXPLOTACIÓN DE RECURSOS EN ÉPOCA MEDIEVAL – ANÁLISIS DEL CONTENIDO DEL CÁLCULO DENTAL DE LA NECRÓPOLIS DE CAL GUARDIÀ (VII-IX CAL AD; ARGENTONA, BARCELONA)

Herrero-Otal, M.¹, Fiorin, E.¹, Malgosa, A.¹

¹*Unitat d'Antropologia Biològica, Departament Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia (BABVE), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193 Bellaterra, Barcelona; mariaa.ho.55@gmail.com, elenafiorin84@gmail.com, assumpcio.malgosa@uab.cat*

RESUMEN

El análisis microscópico del contenido de depósitos de cálculo dental en contextos arqueológicos es una metodología que puede aportar información directa de la paleodieta, paleoambiente y estilos de vida antiguos. En el presente estudio se analiza el cálculo dental de ocho individuos de la necrópolis altomedieval (VII-IX cal AD) de Cal Guardià (Argentona, Barcelona).

La metodología aplicada consistió en remover los depósitos de tártaro de los dientes, disgregarlos, observarlos mediante microscopía óptica y describir los microrestos hallados para su posterior comparación e identificación mediante colecciones de referencia actuales y atlas.

Se encontraron varias categorías de microelementos como gránulos de almidón, fitolitos y polen, entre otros. La identificación taxonómica de los primeros evidencia el consumo de cereales, mientras que el polen se relaciona más al paleoambiente.

Es la primera vez que se analiza el cálculo dental en esta región y en una colección osteológica medieval. Los resultados encajan con estudios arqueológicos y arqueobotánicos previos. Estos hallazgos apuntan nuevas informaciones sobre los hábitos y dieta de las comunidades medievales catalanas.

Palabras clave: Cálculo dental, almidones, fitolitos, microscopía óptica, época altomedieval, paleodieta.

ABSTRACT

Microscopic analysis of dental calculus' content from archaeological contexts provides direct information about food consumption, environment and lifestyle of past societies. In the present study we analyse the dental calculus of eight individuals belonging to the early medieval (7th-9th c. AD) necropolis of Cal Guardià (Argentona, Barcelona).

The methodology employed consisted in sampling the dental tartar, disaggregating it with acid and observing, through optical microscopy the microremains preserved. The findings were described and compared through modern reference collections and atlas.

Several categories of microdebris, such as starch grains, phytoliths and pollen were found. Taxonomic identification of starch granules and phytoliths points out the consumption of crops, while pollen provides information about the palaeoenvironment.

This is the first time that dental calculus analysis was performed in this region targeting a medieval osteological collection. The results are consistent with previous archaeological and

archaeobotanical studies. These finds shed new light on the habits and diet of the Catalan medieval communities.

Key words: Dental calculus, starch grains, phytoliths, optical microscopy, Early Middle Ages, palaeodiet.

INTRODUCCIÓN

El cálculo dental es la placa bacteriana mineralizada que se forma de manera natural (Blatt *et al.*, 2011). Presenta dos fracciones: orgánica e inorgánica. La primera se compone de aminoácidos, péptidos, carbohidratos y lípidos, mientras que la segunda son sales de calcio organizadas en estructuras cristalinas como fosfato octacálcico, hidroxiapatita, β -tricálcico fosfato y brucita (Jin y Yip, 2002; Middleton, 1994).

En su formación intervienen varios factores como un ambiente bucal alcalino, la presencia bacteriana y otros aspectos de carácter individual como la higiene oral, la edad, el género, la genética y otras variables culturales (Jepsen *et al.*, 2000; Lieveise, 1999). Además, es necesaria la presencia de dos líquidos orales: la saliva y el líquido crevicular. Los depósitos de tártaro se acumulan principalmente en las caras bucal y lingual de los primeros incisivos y molares, lo que está relacionado con las áreas de segregación de los líquidos orales mencionados (Jin y Yip, 2002). Esto justifica que no se puedan dar inclusiones *post-mortem* en las muestras de cálculo dental (Lieveise, 1999; Middleton, 1994).

Durante la formación de los depósitos de tártaro dental, microrestos de diversos tipos pueden quedar atrapados en su interior (Mickleburgh y Pagán-Jiménez, 2012), como granos de almidón, fitolitos, polen, esporas y fibras. Los depósitos altamente calcificados sobreviven en contextos arqueológicos (Lieveise, 1999) y su posterior recuperación, análisis e identificación de su contenido, permite reconstruir la dieta, el ambiente y patrones de subsistencia del pasado (Fiorin, 2015; Lieveise, 1999). Desde una perspectiva bioantropológica, el análisis del contenido de los depósitos de cálculo dental es un método relativamente innovador que proporciona información de sociedades antiguas (Masaubach, 2012) ya que resulta de un vínculo directo con el consumo y explotación de recursos (Hardy *et al.*, 2009).

Los primeros estudios del cálculo dental datan en los años setenta. En ellos se analizó el cálculo de diferentes especies animales (cabra, oveja y caballo) revelando la presencia de fitolitos (Lalueza-Fox *et al.*, 1994). En las décadas posteriores, los trabajos se centraron en la eliminación de la contaminación de las muestras (Weyrick *et al.*, 2015; Tavarone *et al.*, 2018). También se le dio mayor interés al estudio de este material por su asociación con la alimentación y comportamiento humano y la reconstrucción ambiental. En los últimos años, estos estudios han aumentado considerablemente en la investigación arqueológica y antropológica aportando nuevos temas de estudio, como el uso de plantas medicinales, o la evolución del microbioma oral (Buckley *et al.*, 2014; Fiorin, 2015; Fiorin *et al.*, 2018; Power *et al.*, 2015; Velsko *et al.*, 2017; Warinner, 2016; Warinner *et al.*, 2017; Weyrick *et al.*, 2017; entre otros).

Los almidones son carbohidratos, muy presentes en la dieta humana. Los producen la mayoría de plantas y representan reservorios de energía debido a la alta cantidad de glucosa, amilosa, amilopectina y otros polisacáridos que contienen (Buléon *et al.*, 1998; Hardy *et al.*, 2015; Langejans, 2006; Wilson *et al.*, 2010). Son el resultado de la fijación fotosintética del carbón (Hardy *et al.*, 2015). El grano de almidón puede verse dañado por tratamientos térmicos y mecánicos que quedan evidenciados por la aparición de una matriz gelatinosa a partir de los 60°C (Collins y Copeland, 2011; Hardy *et al.*, 2009) y la pérdida de su estructura natural, lo que dificulta la correcta identificación de los gránulos (Fiorin, 2015; Hardy *et al.*, 2012). Por otro lado, en contextos arqueológicos estas características pueden ayudar a mejorar el conocimiento de los métodos de procesado de plantas en

el pasado, como por ejemplo la cocción de alimentos (Barton, 2007; Fiorin, 2015; Langejans, 2006; Mickleburgh y Pagán-Jiménez, 2012; Torrence *et al.*, 2004).

En cuanto a los fitolitos, son cuerpos de sílice formados por ciertas plantas, especialmente por las familias *Poaceae*, *Cyperaceae* y *Equisetaceae*, mientras que son menos frecuentes en otras plantas como las *Legumioseae*. El mineral se deposita en tejidos epidérmicos, sobretodo en hojas, pero también en tallos, raíces y semillas y gracias a ello se conservan durante largos periodos de tiempo. Pueden presentar gran diversidad de formas y medidas, incluso en una misma planta (Hart, 2011; Lalueza-Fox *et al.*, 1994; Lalueza-Fox *et al.*, 1996).

El polen es el elemento reproductor de algunas plantas y de gran especificidad. Habitualmente su cubierta externa es muy resistente lo que justifica su conservación en distintos ambientes, incluido el oral. Su identificación taxonómica aporta información muy concreta de diferentes escenarios y contextos. En arqueología, los análisis palinológicos se utilizan para la reconstrucción ambiental y de las condiciones climatológicas en el pasado (Hardy *et al.*, 2015).

Ocasionalmente se han encontrado microrestos de otra naturaleza. Por ejemplo, esporas fúngicas (Alfonso-Vargas *et al.*, 2015; Fiorin, 2015; Hardy *et al.*, 2015), elementos anatómicos animales (Hardy *et al.*, 2015), fibras vegetales (Blatt *et al.*, 2011; Fiorin, 2015; Sperduti *et al.*, 2018) y algas crisofíceas (Pla-Benlliure, 2002). En este sentido, estas categorías pueden complementar la información ambiental y el uso de recursos por parte de los humanos (Gelorini, 2011).

El yacimiento: la necrópolis de Cal Guardiola

La necrópolis de Cal Guardiola se encuentra situada en el centro histórico del municipio de Argentona (Maresme, Barcelona) (Fig. 1) (CODEX, 2006). Se excavó en el año 2006 bajo una actuación arqueológica preventiva y se recuperaron un total de veinticinco individuos.



Figura 1. Localización de la necrópolis de Cal Guardiola, Argentona, en la comarca del Maresme, Barcelona (Hinojo y Vázquez, 2009).

A pesar de la ausencia de material asociado a las sepulturas se pudo encuadrar la necrópolis cronológicamente. Se sitúa anterior a la construcción de la iglesia de Sant Martí de la Pujada que, aunque no se conserve ningún resto, se documenta por primera vez en el año 878 AD. Los resultados de datación por radiocarbono sitúan la necrópolis en $1235 \pm$ BP, correspondiente a 686-881 cal AD (siglos VII-IX cal AD) (CODEX, 2006).

La organización espacial indica que las sepulturas se realizaron de manera ordenada en el tiempo, por lo que las tumbas más recientes no afectaban a las más antiguas. Todas ellas eran de tipo primario, mayormente antropomorfas, rectangulares o en bañera y los individuos se encontraban en posición decúbito supino orientados de Oeste a Este (Fig. 2A, 2B). Se describió que la descomposición de los cuerpos se produjo en espacio vacío, lo cual se relaciona a sepulturas o bien con tapa o con un sudario cubriendo los cuerpos (Farrel y Subiñà, 2010; Hinojo y Vázquez, 2009).

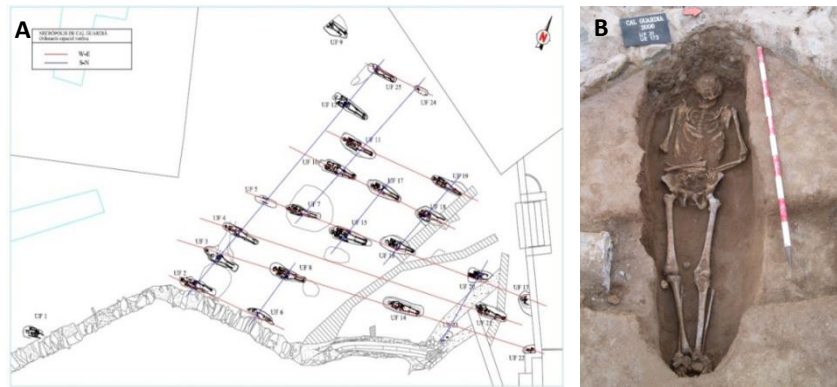


Figura 2. Detalles de la excavación. A) Organización espacial de las sepulturas (Piera y Creus, 2006); B) Fotografía in-situ del individuo CG21 (CODEX, 2006).

Hasta el momento se han llevado a cabo dos estudios de los individuos recuperados en esta necrópolis. Carmona-Hernández (2013) trabajó en el perfil bioantropológico y demográfico de la población y Gimeno-Jiménez (2013) analizó las patologías orales y el desgaste no alimentario de algunos de los individuos. Ambos trabajos se realizaron como tesinas de final del máster de Antropología Biológica en la *Universitat Autònoma de Barcelona* (UAB).

En esta población, como en otras sociedades medievales, las principales actividades económicas estaban relacionadas con la agricultura y ganadería. Tras la crisis del siglo III AD y la caída del Imperio Romano como consecuencia de la llegada y asentamiento de pueblos germanos, la producción en esta región y durante los primeros siglos de la Edad Media, estuvo dirigida principalmente al consumo de la población local. Se caracterizaba mayormente por el cultivo de frutas y hortalizas en zonas de regadío y en las de secano se sembraban cereales como la avena (*Avena sativa*), la espelta (*Triticum spelta*), el mijo (*Panicum miliaceum*), el centeno (*Secale cereale*) y el sorgo (*Sorghum sp.*) (Riera-Melis, 2001). Unas son de baja calidad alimenticia pero de mayor rapidez en producción y abundancia, y otras de mayor calidad empleadas sólo por las capas altas de la sociedad debido a su elevado precio (Montanari, 2012; Riera-Melis, 2001; Vilaginés-Segura, 1999).

La ganadería en Catalunya se basaba principalmente en la cría de ovicápridos (*Ovis sp.* y *Capra sp.*) por su fácil adaptación al pastoreo además de aportar diversidad de productos útiles a la población, tal como leche y lana. La literatura describe que algunas casas más acomodadas podían también criar cerdos y vacas (Riera-Melis, 2001; Vilaginés-Segura, 1999). Estos junto a otros animales como carneros, palomas, conejos y liebres se mencionan en recetarios de la época (Fàbregas, 2000).

Así pues, los datos socioeconómicos de la sociedad medieval catalana apuntan a una producción local y el consumo de alimentos básicos como cereales y derivados de la cría de ovicápridos. El uso de estos productos podría verse concretado a partir del análisis de los restos contenidos en el cálculo dental. El estudio antropológico de la necrópolis de Cal Guardiola mostró importantes depósitos de tártaro dental en algunos individuos por lo que constituye una muestra de gran valor para contrastar estos datos. Por ello, el principal objetivo del presente estudio es la identificación de los microrestos hallados en el cálculo dental de los individuos de la población de Cal Guardiola, con el fin de inferir en consumo de recursos mediante la dieta de esta población.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó el cálculo dental recolectado de un total de veintinueve piezas dentales permanentes pertenecientes a ocho individuos adultos de la necrópolis de Cal Guardiola representando ambos

sexos; 5 hombres y 2 mujeres (Tabla 1). Se seleccionaron estos individuos por presentar importantes depósitos de tártaro en algunas de sus piezas dentales (Fig. 3).

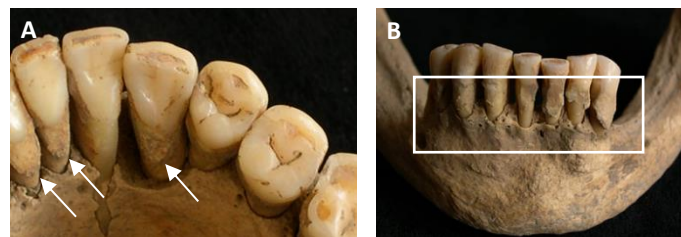


Figura 3. Depósitos de cálculo dental *in situ*.

TABLA 1. Perfil biológico de los individuos analizados en el presente estudio y piezas dentales de las que se extrajeron las muestras de tártaro. (INDIVIDUO: código; SEXO: M=masculino, F=femenino; EDAD: años; PIEZAS DENTALES ANALIZADAS: sistema FDI).

INDIVIDUO	SEXO	EDAD	PIEZAS DENTALES ANALIZADAS
CG1	M	25-30	42, 43, 44, 45, 46, 47
CG2	M	40-45	32, 35, 36, 37, 41, 42
CG8	F	40	31, 32, 41
CG11	M	25-30	14, 16, 22
CG13	M	30-45	36, 45, 47
CG18	F	17-25	14, 22, 46
CG19	M	25-35	31, 33, 41
CG21	F	>40	42, 43

Las muestras se trataron en el laboratorio de la *Unitat d'Antropologia Biològica, Departament Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia (BABVE)* de la *Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)*. Para evitar la contaminación se tomaron diversas precauciones: durante todos los análisis el laboratorio se mantuvo cerrado evitando todo tipo de corrientes de aire y se utilizó una campana de extracción para tratar las muestras; el área de trabajo se limpió con etanol al 70% antes y después de cada extracción y análisis; se utilizaron guantes libres de polvo, bata de laboratorio y materiales de un solo uso para cada muestra. En caso que esto último no fuera posible, el instrumental se limpió con etanol al 70% para eliminar la contaminación cruzada.

El método utilizado para el tratamiento de las muestras siguió las especificaciones detalladas en Fiorin (2015), Fiorin *et al.* (2018) y Tavarone *et al.* (2018) junto con algunas modificaciones adaptadas a nuestro material como el tiempo de centrifugado o las revoluciones empleadas. Las piezas dentales se lavaron con un cepillo y agua destilada para eliminar la contaminación externa. El tártaro dental se extrajo de los dientes usando una cureta dental y se introdujo en tubos Eppendorf de 1.5ml. Se les añadió unas gotas de etanol al 70% para evitar que se adhirieran a las paredes de plástico por cargas eléctricas (Fiorin, 2015; Henry y Piperno, 2008).

El proceso se inició con la disgregación química de los depósitos de cálculo mediante ácido clorhídrico (HCl) 0.05M durante periodos de tiempo variable, hasta que estuvieron totalmente disueltos. El tiempo de exposición al ácido dependió del tamaño de los cálculos, pero en ningún caso se superaron las 24 horas a modo de prevención para no dañar los microrestos. Tras la exposición al ácido, las muestras se centrifugaron a 1000 RPM durante 3 minutos y posteriormente, se extrajo el

sobrenadante. En algunos casos, la velocidad de centrifugado se modificó hasta 5000 RPM durante 4 minutos con el fin de crear un *pellet* y poder descartar el sobrenadante sin problemas.

Se montaron todas las muestras en portaobjetos con una gota de glicerina pura y se examinaron bajo 40-600 aumentos con un microscopio óptico acoplado a un filtro de luz polarizada. Se utilizó un Olympus BX43 acoplado a una cámara Olympus DP26 vinculada al programa Olympus cellSens del laboratorio de arqueobotánica del *Departament de Prehistòria* de la *Universitat Autònoma de Barcelona* (UAB). Finalmente, los microrestos se fotografiaron, se midieron se describieron detalladamente y se compararon con imágenes de colecciones de referencia (Fiorin, 2015; GEPEG, 2005; MicrolabNW, 2007; entre otros).

Para la identificación de algunos microrestos se tuvieron en cuenta sus dimensiones y caracteres morfológicos. Para los almidones también se utilizó la posición del hilum/hilo y los ángulos de la cruz de extinción solamente visible bajo la luz polarizada (Buléon *et al.*, 1998; Fiorin, 2015; Langejans, 2006; Leonard *et al.* 2015; Mickleburgh y Pagán-Jiménez, 2012; Piperno, 2006). En el caso de los pólenes la observación de la ornamentación de la superficie también es importante (Marcos *et al.*, 2015). Los fitolitos se describieron utilizando los criterios morfológicos publicados en el *International Code for Phytolith Nomenclature* (ICPN) (Madella *et al.*, 2005) comparándolos con el *PhytCore* (GEPEG, 2005). Otros microrestos se identificaron gracias a la comparación de imágenes publicadas en varios atlas, colecciones de referencia y artículos más concretos.

RESULTADOS

En los depósitos de cálculo dental analizados se identificaron varias categorías de microrestos. Los más comunes fueron de origen vegetal como granos de almidón, fitolitos y polen (Tabla 2). A continuación, se describen detalladamente cada una de las categorías mencionadas anteriormente junto con su identificación taxonómica siempre que fue posible.

TABLA 2. Tabla general. Microrestos hallados en cada individuo. Leyenda: + (presencia), - (ausencia), N.I. (No identificado).

INDIVIDUO	MICRORESTOS				
	ALMIDÓN		FITOLITO	POLEN	OTROS
	TIPO	PROCESADO			
CG1	<i>Triticum</i> <i>Secale</i>	+	-	<i>Pinaceae</i> x1	N.I.
CG2	<i>Triticum</i> <i>Sorghum</i> N.I.	+	Gramínea x1	-	N.I. Tejido vegetal
CG8	<i>Triticum</i> <i>Sorghum</i>	+	-	<i>Pinaceae</i> x2	N.I. Fragmento xilema
CG11	<i>Triticum</i> <i>Hordeum</i> N.I.	+	<i>Triticeae/Avenaee</i> x1 Hoja/tallo de gramínea x1	-	N.I.
CG13	<i>Triticum</i> N.I.	+	-	-	N.I.
CG18	<i>Triticum</i> <i>Secale</i> <i>Sorghum</i> N.I.	+	-	-	N.I.
CG19	<i>Triticum</i> <i>Hordeum</i>	+	Papila de inflorescencia cereal x1	-	N.I.
CG21	<i>Triticum</i>	+	-	-	N.I.

(a) Almidones

Se han recuperado granos de almidón en todos los individuos, por lo que su presencia es generalizada. De hecho, se trata del microresto más común en el estudio. Los almidones presentan variedad de morfologías, pero las más comunes son esféricas, ovals y poliédricas. Algunos son de forma irregular y con una faceta de presión, incluso reniformes. En cuanto al hilum y la cruz de extinción, se encuentra normalmente en el centro del grano, aunque a veces está algo desplazado (Tabla 3). En la mayoría de las muestras se han identificado almidones desestructurados que indican algún tipo de procesamiento. Éstos, presentan modificaciones en su estructura externa e interna, evidenciada por distorsiones en su superficie, morfología o en la cruz de extinción (Fiorin, 2015; Henry *et al.*, 2009; Henry *et al.*, 2011; Mickelburgh y Pagán-Jiménez, 2012).

TABLA 3. Descripción de los almidones recuperados en cada individuo. Hilum (C=Central / MC=Mayormente central), Ángulo (R=Recto), Posible identificación (N.I.=No identificado).

INDIVIDUO	DESCRIPCIÓN DE GRANOS DE ALMIDÓN (Fiorin, 2015)				LONGITUD MÁXIMA (μm)	POSIBLE IDENTIFICACIÓN
	FORMA	HILUM	CRUZ DE EXTINCIÓN			
			BRAZOS	ÁNGULO		
CG1	Esférico Oval	C	Delgados Rotos Más anchos al final	R	9-13	<i>Triticum Secale</i>
CG2	Esférico Oval Poliédrico Irregular	C	Delgados Más anchos al final	R	12-20	<i>Triticum Sorghum</i> N.I.
CG8	Esférico Con una faceta de presión	MC	Delgados	R	10-16	<i>Triticum Sorghum</i>
CG11	Esférico Poliédrico Irregular	MC	Delgados Rotos	R	11-21	<i>Triticum Hordeum</i> N.I.
CG13	Esférico Oval Poliédrico	MC	Delgados Rotos	R	9-19	<i>Triticum</i> N.I.
CG18	Esférico Poliédrico Irregular Lenticular	C	Delgados Rotos Más anchos al final	R	5-25	<i>Triticum Secale</i> <i>Sorghum</i> N.I.
CG19	Esférico Poliédrico Irregular	C	Delgados Más anchos al final	R	16-28	<i>Triticum Hordeum</i>
CG21	Oval Reniforme Irregular	C	Delgados Rotos	R	14-20	<i>Triticum</i>

La estructura más sorprendente relacionada con almidones se identificó en las muestras del individuo CG18 (Fig. 4A, 4B). Corresponde a un conjunto de gránulos de diferentes morfologías y tamaños comprendidos entre 5 y 25 μm . Algunos de ellos presentaban las evidencias de procesamiento anteriormente mencionadas. En esta matriz, observamos principalmente dos tipologías de almidones diferenciadas visualmente por tamaño y forma. El hecho de que se encontraran todos aglomerados significa que pertenecían a la misma planta, siendo esta distribución bimodal característica del género *Triticum*. Dicho taxón, diferencia dos grupos de almidones: tipo A y B. El primero se caracteriza por unos gránulos en forma de disco, lenticulares de 10 a 35 μm , mientras que la segunda

tipología define granos esféricos y poligonales de menor tamaño (1-10 μ m). Además, la bibliografía menciona diferencias en el lugar, tiempo de desarrollo y en su composición química (Peng *et al.*, 1999; Saccomanno *et al.*, 2017). En otra muestra se aisló un tejido vegetal en forma de vaina con granos de almidón en su interior (Fig. 4C), los cuales son fácilmente observables bajo el filtro de luz polarizada (Fig. 4D).

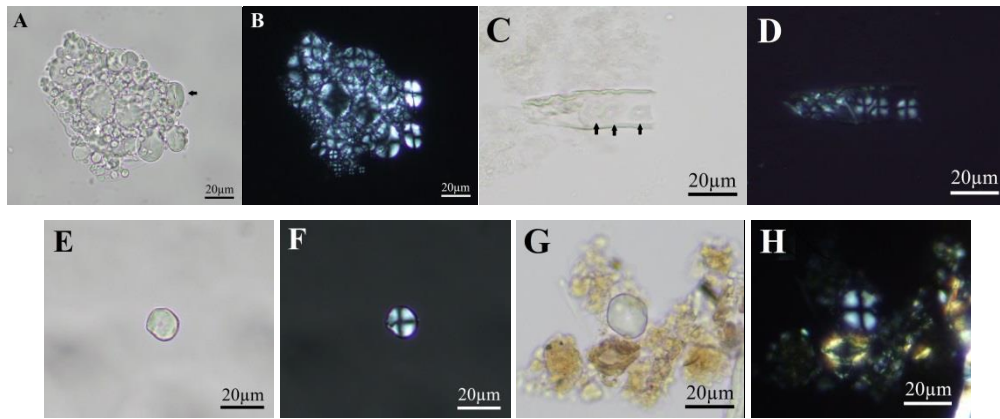


Figura 4. Almidones. A y B) Distribución bimodal (Tipo A y B) típica del género *Triticum* (CG13); C y D) Almidones dentro de un tejido vegetal (CG13); E y F) No identificado (CG8); G y H) No identificado (CG19). B, D, F y H: imágenes tomadas bajo luz polarizada.

En las figuras 4E-4F se observa la variedad de los granos de almidón hallados, siendo difíciles de situar taxonómicamente. Las diferencias visibles solamente bajo el filtro de luz polarizada son de ayuda en la identificación de los almidones, pero no permiten discernir entre diferentes taxones pues comparten diversas características. Debido a estas limitaciones, las identificaciones realizadas para estas muestras abarcan diferentes géneros. También destacamos la importancia del grano de almidón hallado en el tártaro de CG9 (Fig. 4G y 4H) ya que se observan deshechos de cálculo dental a su alrededor, lo que indica que la muestra no fue contaminada durante su manipulación para el estudio.

(b) Fitolitos

Se identificaron un total de seis fitolitos dentro del cálculo dental de los individuos analizados. Todos ellos presentan características distintas excepto dos de ellos que presentan una morfología similar.

En el individuo CG2 se halló un fitolito compartimentado. Presenta una forma alargada y una textura y ornamentación en superficie compleja. Su longitud máxima es de 50 μ m incluyendo todos los fragmentos. Con estas características podría corresponder a un morfotipo de plantas gramíneas (Fig. 5A) (GEPEG, 2005). En las muestras del individuo CG11 se identificó otro fitolito cilíndrico de textura *regulate* y con una longitud máxima de 77 μ m aproximadamente. Debido a estas características este elemento podría formar parte del tallo o las hojas de plantas gramíneas (Fig. 5B) (GEPEG, 2005). Otro se identificó dentro de una masa de cálculo dental que no se había disuelto completamente por el tratamiento con ácido clorhídrico, también en el individuo CG11. Presenta forma *echinate*/alargada con una longitud máxima de 40 μ m. Este tipo de fitolito es común en familias como *Triticeae* y *Avenaeae* (Ball *et al.*, 2015) (Fig. 5C). Finalmente, dos fitolitos de forma similar se encontraron dentro del cálculo del individuo CG19. Presentan forma oval con diámetros menores a 10 μ m. en la superficie izquierda de uno de ellos parece observarse una textura *echinate* o *papillate* (Fig. 5D). Ambos se encuentran de restos de cálculo no disueltos. En este caso las características necesarias no son del

todo visibles, aunque por lo descrito podría tratarse de una papila proveniente de una inflorescencia cereal (GEPEG, 2005).

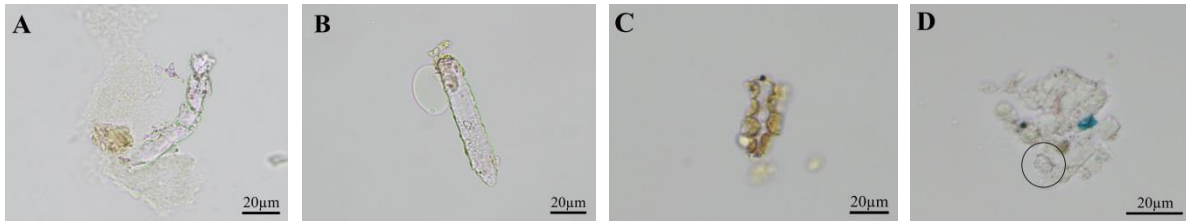


Figura 5. Fitolitos. A) Fitolito de plantas gramíneas recuperado en CG2; B) Fitolito de hoja o tallo de gramínea (CG11); C) Fitolito de *Triticeae/Aveneae* (CG11); E) Papila de inflorescencia cereal de CG19.

(c) Elementos polínicos

Se recuperaron tres granos de polen en los individuos CG1 y CG8. Se determinó que todos ellos forman parte de la familia de las *Pinaceae* (Reille, 1998; Trigo *et al.*, 2008). El primero de ellos (CG1), presenta claramente tres unidades; un cuerpo central y dos elementos circulares a los lados que corresponden a las cámaras o sacos aéreos (Fig. 6A). Los otros dos elementos polínicos se encuentran en el individuo CG8 y en este caso presentan solamente el cuerpo con un solo saco aéreo (Fig. 6B, 6C).



Figura 6. Polen de *Pinaceae*. A) Diferentes vistas del polen encontrado en CG1; B, C) Pólenes con un saco aéreo recuperado en CG8.

(d) Otros

En la totalidad de las muestras se encontraron microresiduos que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores. Algunos de ellos son fragmentos de tejidos vegetales de un tamaño mayor a cualquier resto descrito hasta ahora. Uno de ellos se halló en el individuo CG2, tratándose del elemento de mayor tamaño que se ha encontrado en este estudio (Fig. 7A). No presenta ningún tipo de estructura u ornamentación interna, lo que dificulta su determinación. Otro, se identificó en el tártaro dental del individuo CG8, tratándose de un elemento conductor vegetal como es el xilema (Fig. 7B). Éste presenta unas prolongaciones en su parte izquierda, las cuales podrían estar relacionadas a un procesamiento mecánico del mismo. Además aparecen de perforaciones en toda su superficie similares a las asociadas a *Malvaceae* y *Lythraecae* (Wróblewskam, 2015).

Lamentablemente en todos los individuos se encontraron elementos que no se pudieron identificar. Algunos de ellos aparecen repetidamente en varios individuos o en el cálculo del mismo. La alta variabilidad de elementos junto con la falta de colecciones de referencia influye en la cantidad de elementos no identificados, además de la necesidad de expertos de diferentes áreas científicas. Algunos elementos muestran morfología similar por lo que se podría sugerir que se trata de microresiduos de la misma naturaleza (Fig. 7C) y otros hallados en el individuo CG1, por su coloración oscura, pueda haber sido carbonizado (Fig. 7D).

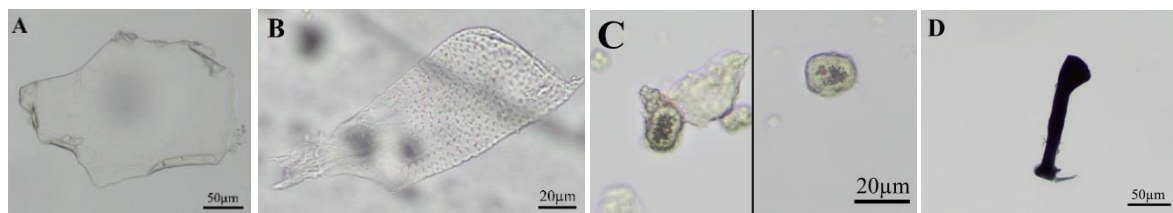


Figura 7. Otros microrestos. A) Tejido indeterminado hallado en el individuo CG2; B) Fragmento de vaso conductor vegetal con ornamentación en superficie; C) Elementos no identificado; D) Elemento no identificado.

DISCUSIÓN

El análisis del contenido del cálculo dental en contextos arqueológicos es una metodología relativamente novedosa que nos puede aportar información directa de los estilos de vida humanos. Estos análisis se relacionan a aspectos dietéticos por su clara conexión con lo que entra en la cavidad oral. En este sentido, el presente estudio ofrece una oportunidad especial para interpretar hábitos y actividades humanas en el litoral catalán en época Altomedieval.

Al igual que la mayoría de estudios de este tipo, se identificaron sobretodo almidones y fitolitos, siendo la presencia de los primeros mucho mayor que la de los cuerpos silíceos (Fiorin, 2015; Henry y Piperno, 2008; entre otros). Aun así, la falta de estudios arqueobotánicos y zooarqueológicos en Cataluña no nos permitió la determinación de la naturaleza de todos los microrestos hallados.

Se recuperaron almidones de diferente tamaño y morfología, algunos en aglomeraciones y otros de manera aislada. Su identificación taxonómica señala el consumo de cereales como los del género *Triticum* por parte de la población estudiada. El hecho de que varios almidones presenten pérdida de la estructura interna, una cruz de extinción distorsionada o una superficie estriada, pone en evidencia el procesado o cocinado de los gránulos (Henry *et al.*, 2009).

Éste consumo se ve reforzado por la determinación de los fitolitos recuperados. Éstos presentaban diferentes características y en un solo caso se pudo determinar el taxón como *Avena* o *Triticum* (en CG11). Los otros probablemente provienen de plantas gramíneas (*Poaceae*), por lo tanto cereales (GEPEG, 2005). El hecho de que las identificaciones de los fitolitos correspondan a cultivos, reitera el consumo de cereales por parte de la población de Cal Guardiola en época Medieval.

La agricultura en Catalunya se documenta des de la mitad del sexto milenio cal BC e incluye una gran variedad de cultivos (Peña-Chocarro *et al.*, 2017). En el periodo Romano, el cereal más cultivado era el trigo (*Triticum aestivum*) conocido como *frumentum*. Tras la crisis del III cal AD y la caída del Imperio Romano, se prefirió el cultivo de otras especies más resistentes, productivas y sencillas de cultivar. Éstas incluían la espelta (*Triticum spelta*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el centeno (*Secale cereale*), la avena (*Avena sativa*), el mijo (*Panicum* sp.) y el sorgo (*Sorghum* sp.) que se consumían de manera individual o mezclados (*medium oridium* o *medium frumentum*). El trigo llegó a ser un producto de lujo consumido por la gente pudiente (Montanari, 2012; Riera-Melis, 2001; Vilagínés-Segura, 1999). Los granos de almidón y fitolitos que recuperamos en nuestro trabajo encajan con los cultivos en Cataluña en época Medieval, por lo que es posible que la población de Cal Guardiola consumiera varias especies de cereales. Estos datos también coinciden con los resultados obtenidos por Gimeno-Jiménez (2013) que estudió las patologías orales y patrones de desgaste oral de esta población, sugiriendo una dieta abrasiva alta en carbohidratos.

Por otra parte, los pólenes hallados y pertenecientes al taxón *Pinaceae* (Reille, 1998; Trigo *et al.*, 2008), nos hablan del ambiente coincidiendo con estudios arqueobotánicos, que hablan de un paisaje mediterráneo ocupado principalmente por *Quercus* sp., *Juniperus* sp., *Erica* sp., *Genista* sp.,

Cistus sp. y *Pinus* sp. (Ruas, 2005). Por consiguiente, nuestros resultados reafirman la información ambiental en el pasado..

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos aportan información del consumo de recursos y alimentación de poblaciones catalanas en la vertiente mediterránea durante época Altomedieval (VII-IX cal AD).

Los microrestos que se recuperaron en este estudio son gránulos de almidón, fitolitos, pólenes y otros elementos no identificados. La determinación taxonómica de los dos primeros indica el uso alimenticio de varias especies cereales, como puede ser el trigo. Además, el procesado físico y cocinado de estos cereales también se ve evidenciado en el presente estudio. Por otra parte, la presencia de polen de pino aporta información del ambiente en el pasado. En ambos casos, los resultados obtenidos encajan con otros estudios arqueológicos y arqueobotánicos.

Desafortunadamente, no fue posible identificar la totalidad de los microrestos, lo que supone una importante limitación en este estudio. Este tipo de análisis son multidisciplinares por lo que se necesitan expertos de varios campos científicos, lo que junto con la falta de colecciones de referencia y evidencias arqueológicas agravan esta problemática.

En conclusión, el análisis microscópico de depósitos arqueológicos de tártaro dental y de su contenido es una metodología que aporta información directa sobre la paleodieta, paleoambiente y el estilo de vida de sociedades predecesoras a la nuestra.

Agradecimientos

Agradecer a la Dra. Raquel Piquè Huerta del *Departament de Prehistòria* de la UAB por facilitarnos el uso del microscopio y al Sr. Antoni Bargalló Pi por compartir sus conocimientos sobre el uso de los recursos vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso-Vargas, J.; La Serna-Ramos, I.; Arnay-de-la-Rosa, M. (2015). Fungal spores located in 18th century human dental calculi in the church 'La Concepción' (Tenerife, Canary Islands). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2: 106–113.

Ball, T.; Vrydaghs, L.; Mercer, T.; Pearce, M.; Snyder, S.; Lisztes-Szabó, Z.; Petó, A. (2015). A morphometric study of variance in articulated dendritic phytolith wave lobes within selected species of *Triticeae* and *Aveneae*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(1): 85-97.

Barton, H. (2007). Starch residues on museum artefacts: implications for determining tool use. *Journal of Archaeological Science*, 34: 1752-1762.

Blatt, S. H.; Redmond, B. G.; Cassman, V.; Sciulli, P. W. (2011). Dirty teeth and ancient trade: Evidence of cotton fibres in human dental calculus from Late Woodland, Ohio. *International Journal of Osteoarchaeology*, 21(6): 669–678.

Buckley, S.; Usai, D.; Jakob, T.; Radini, A.; Hardy, K. (2014). Dental calculus reveals unique insights into food items, cooking and plant processing in prehistoric central Sudan. *Public Library of Science ONE*, available online: 9(7).

Buléon, A.; Colonna, P.; Planchot, V.; Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23: 85–112.

- Carmona-Hernández, I. (2013). Análisis poblacional de los restos óseos encontrados en la excavación arqueológica de Cal Guardiola, Argentona. Màster Antropologia Biològica. Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- CODEX-Arqueologia i Patrimoni. (2006). Memòria de la intervenció arqueològica preventiva a Cal Guardiola-Can Doro (Argentona, Maresme). Febrer-Abril de 2006. Volum I.
- Collins, M. J.; Copeland, L. (2011). Ancient starch: Cooked or just old?. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(22): E145.
- Fàbregas, X. (2000). Las carnes en la literatura culinaria catalana medieval. A V Jornadas nacionales de la Historia de la Veterinaria. Facultat de Veterinària de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i Col·legi Oficial de Veterinaris de Barcelona.
- Farrel, D.; Subiñà, E. (2010). Repàs a l'arqueologia funerària al Maresme. *Fonts* 42: 28-32.
- Fiorin, E. (2015). The necropolis of Can Reiners (7th c. AD, Mallorca, Spain): demography, health and lifestyle. PhD Dissertation. Universitat Autònoma de Barcelona, BABVE.
- Fiorin, E.; Sáez, L.; Malgosa, A. (2018). Ferns as healing plants in Medieval Mallorca, Spain? Evidence from human dental calculus. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2018: 1-9.
- Gelorini, V. (2011). Diversity and palaeoecological significance of non-pollen palynomorph assemblages in East African lake sediments. Faculty of Sciences, Department of Biology. Limnology unit. Universiteit Gent.
- Gimeno-Jiménez, E. (2013). Estudio de patología oral y desgastes anómalos de la población altomedieval de Cal Guardiola, Argentona (Mataró). Màster Antropologia Biològica. Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Grup d'Estudis Paleocològics i Geoarqueològics, "GEPEG Phytolith-Core Col·lecció de Referència," (2005). [Online]. Available: www.ub.edu/prehist/castellano/noticies/departament/gepec.htm. [Accessed: 13-May-2017].
- Hardy, K.; Blakeney, T.; Copeland, L.; Kirkham, J.; Wrangham, R.; Collins, M. (2009). Starch granules, dental calculus and new perspectives on ancient diet. *Journal of Archaeological Science*, 36: 248–255.
- Hardy, K.; Buckley, S.; Collins, M. J.; Estalrich, A.; Brothwell, D.; Copeland, L.; García-Taberner, A.; García-Vargas, S.; De Rasilla, M.; Lalueza-Fox, C.; Hugué, R.; Bastir, M.; Santamaría, D.; Madella, M.; Wilson, J.; Cortés, A. F.; Rosas, A. (2012). Neanderthal medics? Evidence for food, cooking and medicinal plants entrapped in dental calculus. *Naturwissenschaften*, 99: 617–626.
- Hardy, K.; Radini, A.; Buckley, S.; Sarig, R.; Copeland, L.; Gopher, A.; Barkai, R. (2015). Dental calculus reveals potential respiratory irritants and ingestion of essential plant-based nutrients at Lower Palaeolithic Qesem Cave Israel. *Quaternary International*, 398: 1–7.
- Hart, T. C. (2011). Evaluating the usefulness of phytoliths and starch grains found on survey artifacts. *Journal of Archaeological Science*, 38: 3244–3253.
- Henry, A. G.; Brooks, A. S.; Piperno, D. R. (2011). Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(2); 486–491.
- Henry, A. G.; Hudson, H. F.; Piperno, D. R. (2009). Changes in starch grain morphologies from cooking. *Journal of Archaeological Science*, 36: 915-922.
- Henry, A. G.; Piperno, D. R. (2008). Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqā'i, Syria. *Journal of Archaeological Science*, 35(7): 1943–1950.
- Hinojo-García, E.; Vázquez-Álvarez, D. (2009). La necrópolis de Cal Guardiola (Argentona, Maresme). *Gausac* 34-35. A Pinar-Juárez (ed) - Contextos funeraris a la mediterrània nord-occidental (segles V-VIII), 263-272.
- Jepsen, S.; Deschner, J.; Braun, A.; Schwarz, F.; Eberhard, J. (2011). Calculus removal and the prevention of its formation. *Periodontology* 2000. 55: 167–188.
- Jin, Y.; Yip, H. (2002). Supragingival calculus: formation and control. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine Journal*, 13(5): 426–441.

- Lalueza-Fox, C.; Juan J.; Albert, R. M. (1996). Phytolith analysis on dental calculus, enamel surface, and burial soil: Information about diet and paleoenvironment. *American Journal of Physical Anthropology*, 101(1): 101–113.
- Lalueza-Fox, C.; Pérez-Pérez, A.; Juan, J. (1994). Dietary Information through the Examination of Plant Phytoliths on the Enamel Surface of Human Dentition. *Journal of Archaeological Science*, 21: 29-34.
- Langejans, G. H. J. (2006). Starch grain analysis on Late Iron Age grindstones from South Africa. *Southern American Humanities*, 18(2): 71–91.
- Leonard, C.; Vashro, L.; O'Connell, J. F.; Henry, A. G. (2015). Plant microremains in dental calculus as a record of plant consumption: A test with Twe forager-horticulturalists. *Journal of Archaeological Science: Reports*. Volume 2: 449-457.
- Lieverse, A. R. (1999). Diet and the Aetiology of Dental Calculus. *International Journal of Osteoarchaeology*. 232: 219–232.
- Madella, M.; Alexandre, A.; Ball, T. (ICPN Working Group). (2005). International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, 96: 253-260.
- Marcos, J. V.; Nava, V.; Cristóbal, G.; Redondo, R.; Escalante-Ramírez, B.; Bueno, G.; Déniz, O.; González-Porto, A.; Pardo, C.; Chun, F.; Rodríguez, T. (2015). Automated pollen identification using microscopic imaging and texture analysis. *Micron*, 68: 36-46.
- Mickleburgh, H. L.; Pagán-Jiménez, J. R. (2012). New insights into the consumption of maize and other food plants in the pre-Columbian Caribbean from starch grains trapped in human dental calculus. *Journal of Archaeological Science*, 39(7): 2468–2478.
- Microlabgalery - MicrolabNW Photomicrograph Gallery. (2007). Available: <http://www.microlabgallery.com/> [Accessed: July of 2017].
- Middleton, W. D. (1994). Extraction of Opal Phytoliths from Herbivore Dental Calculus. *Journal of Archaeological Science*, 21: 469-473.
- Montanari, M. (2012). El hambre y la abundancia. Historia y cultura de la alimentación en Europa. Editorial Laterza, Bari.
- Musaubach, M. (2012). Potencialidad de estudios arqueobotánicos sobre tártaro dental de cazadores-recolectores de la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 14: 105–113.
- Peng, M., Gao, M., Abdel-Aal, M., Hucl, P., Chibbar, R.N. (1999). Separation and Characterization of A- and B-Type Starch Granules in Wheat Endosperm. *Cereal Chemistry*. 76(3):375–379.
- Peña-Chocarro, L.; Pérez-Jordà, G.; Morales, J. (2017). Crops of the first farming community in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*. Article in press, 1-14.
- Piera, R.; Creus, L. (2006). Dibuix de la planta de la intervenció arqueològica de Cal Guardiola, Argentona (Maresme). CODEX-Arqueologia i patrimoni.
- Piperno, D.R. (2006). Identifying Manioc (*Manihot esculenta* Crantz) and other crops in Pre-Columbian Tropical America through starch grain analysis. A case study from Central Panama. In Zeder, M.A., Bradley D.G, Emshwiller, E., Smith B.D. (editors). Documenting Domestication, new genetic and archaeological paradigm. University California Press.
- Pla-Benlliure, A. (2002). Anàlisi microscòpica del càlcul dental: indicadors de dieta en la població talaiòtica de S'illot des Porros. Treball de recerca. Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Power, R. C.; Salazar-García, D. C.; Straus, L. G.; González Morales, M. R.; Henry, A. G. (2015). Microremains from El Mirón Cave human dental calculus suggest a mixed plant-animal subsistence economy during the Magdalenian in Northern Iberia. *Journal of Archaeological Science*, available online: 1-8.
- Reille, M. (1998). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 2. Éditions du Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille, 530 p., 1600 FF.
- Riera-Melis, A. (2001). Las plantas que llegaron de Levante acerca del legado alimentario islámico en la Cataluña Medieval. *Anuario de Estudios Medievales*; 31(2), 787-841.

- Ruas, M.P. (2005). Aspects of early medieval farming from sites in Mediterranean France. *Vegetation History and Archaeobotany*. 14: 400-415.
- Saccomanno; B.; Chambers; A.H.; Hayes; A.; Mackay; I.; McWilliam; S.C.; Trafford; K. (2017). Starch granule morphology in oat endosperm. *Journal of Cereal Science*. 73:46-54.
- Sperduti; A.; Giuliani; M.R.; Guida; G.; Petrone; P.P.; Rossi; P.F.; Vaccaro; S.; Frayer; D.W.; Bondioli; L. (2018). Tooth grooves, occlusal striations, dental calculus, and evidence for fiber processing in an Italian eneolithic/bronze age cemetery. *American Journal of Physical Anthropology*. 1-10.
- Tavarone, A.; Colobig, M.M.; Passeggi, E.; Fabra, M. (2018). Cleaning protocol of archaeological dental calculus: A methodological proposal for vegetable microremains analysis. *American Journal of Physical Anthropology*. 167: 416-422.
- Torrence, R.; Wright, R.; Conway, R. (2004). Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science*, 31: 519–532.
- Trigo; M.M.; Jato; V.; Fernández; D.; Galán; C. (2008). Atlas aeropalínológico de España. *Red Española de aerobiología*. ISBN: 9788497734035.
- Velsko, I.M.; Overmyer, K.A.; Speller, C.; Klaus, L.; Collins, M.J.; Loe, L.; Frantz, L.A.F.; Sankaranarayanan, K.; Lewis, C.M. Jr.; Martinez, J.B.R.; Chaves, E.; Coon, J.J.; Larson, G. Warinner, C. (2017). The dental calculus metabolome in modern and historic samples. *Metabolomics*. 13(11):134.
- Vilaginés-Segura, J. (1999). Societat i alimentació a l'època medieval. El Vallès Oriental (segles X-XI). *Ponències Anuari del Centre d'Estudis de Granollers*.
- Warinner, C. (2016). Dental Calculus and the Evolution of the Human Oral Microbiome. *Journal of the California Dental Association*. 44(7):411-20.
- Warinner; C.; Herbig; A.; Mann; A.; Fellows Yates; J.A.; Weiß; C.L.; Burbano; H.A.; Orlando; L.; Krause; J. (2017). A Robust Framework for Microbial Archaeology. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*. 18: 321–356.
- Weyrich; L.S.; Duchene; S.; Soubrier; J.; Arriola; L.; Llamas; B.; Breen; J.; Morris; A.G.; Alt; K.W., Caramelli; D.; Dresely; V.; Farrell; M.; Farrer; A.G.; Francken; M.; Gully; N.; Haak; W.; Hardy; K.; Harvati; K.; Held; P.; Holmes; E.C.; Kaidonis; J.; Lalueza-Fox; C.; de la Rasilla; M.; Rosas; A.; Semal; P.; Soltysiak; A.; Townsend; G.; Usai; D.; Wahl; J.; Huson; D.H.; Dobney; K.; Cooper; A. (2017). Neanderthal behaviour, diet, and disease inferred from ancient DNA in dental calculus. *Nature*. 544:357-372.
- Weyrick, L.S.; Dobney, K.; Cooper, A. (2015). Ancient DNA analysis of dental calculus. *Journal of Human Evolution*, 78: 118-124.
- Wilson, J.; Hardy, K.; Allen, R.; Copeland, L.; Wrangham, R.; Collins, M. (2010). Automated classification of starch granules using supervised pattern recognition of morphological properties. *Journal of Archaeological Science*, 37(3): 594–604.
- Wróblewskam M.M. (2015). The progressive and ancestral traits of the secondary xylem within Magnolia clad – the early diverging lineage of flowering plants. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 84(1): 87–96.