

EL ANÁLISIS DE FITOLITOS Y SU PAPEL EN EL ESTUDIO DEL CONSUMO DE RECURSOS VEGETALES EN LA PREHISTORIA: BASES PARA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA MATERIALISTA

THE ANALYSIS OF PHITOLITHS AND ITS ROLE IN THE STUDY OF THE CONSUMPTION OF VEGETAL RESOURCES IN PREHISTORY: THE BASES FOR A MATERIALIST METHODOLOGICAL APPROACH

DÉBORA ZURRO (*)

RESUMEN

La primera parte de este trabajo presenta una introducción al análisis de fitolitos. En ella se especifican cuestiones tales como las características de estas partículas, las bases de su tratamiento en laboratorio, el estado actual de la investigación o su potencial informativo para nuestra disciplina. En la segunda parte se establecen las bases de una propuesta metodológica (actualmente en desarrollo) para la aplicación de esta técnica en arqueología. Dicha propuesta parte del materialismo histórico y se basa en el concepto marxista de valor objetivo, el análisis de los procesos de trabajo y la categorización, en base a la selección de las materias vegetales, de los conjuntos fitolitológicos.

ABSTRACT

This paper is structured in two parts. The first one offers an introduction to phytolith analysis exploring the characteristics of these particles, the laboratory procedures in use, the current state of research and the informative potential they can offer to archaeology. The second part proposes the basis of a methodological approach for applying this technique to archaeology. This methodology uses historical materialism and is based on the Marxist concept of value, the analysis of the processes of labour and the categorisation of phytolith assemblages based on the selection of vegetal materials.

Palabras clave: Fitólitos. Recursos vegetales. Metodología. Materialismo histórico. Prehistoria.

Key words: *Phytoliths. Plant resources. Methodology. Historical materialism. Prehistory.*

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de fitolitos y esqueletos silíceos viene aplicándose a materiales y sedimentos arqueológicos desde hace ya cierto tiempo en nuestro ámbito cotidiano de trabajo (1), siendo las publicaciones al respecto cada vez más frecuentes.

La imagen creada sobre las posibilidades reales de este tipo de análisis es actualmente ambivalente: por una parte existe un sector de la comunidad arqueológica, ávido de informaciones taxonómicas muy precisas, que cree que el análisis de fitolitos permite llegar siempre a niveles de determinación muy específicos, convirtiéndose en una “panacea” para aquellos yacimientos que no cuentan con otro tipo de restos vegetales. Por otra parte, en otros sectores el efecto ha sido precisamente el contrario, predominando el escepticismo sobre los resultados obtenidos con estos análisis, dudando incluso de la fiabilidad de la técnica.

Ni la idea de unos ni la de otros se ajusta con ri-

(*) Departament d'Arqueologia i Antropologia. Institució Milà i Fontanals IMF-CSIC. C/ Egipcíacs, 15. 08001-Barcelona. Correo electrónico: debora@bicat.csic.es

Recibido: 3-XI-05; aceptado: 9-V-06.

(1) Para una breve historia de esta técnica, tanto desde sus orígenes botánicos como del uso de la misma en arqueología, véase Pearsall 1988: 395-396; Piperno 1988: 1-9 y Power-Jones 1992.

gurosidad a la realidad, siendo el desconocimiento sobre la técnica muy generalizado.

Por ello en las siguientes páginas voy a dar a conocer, aunque sea a modo de esbozo, esta técnica cuyo uso se va haciendo más y más común en arqueología. Disponer de ciertas nociones de los aspectos elementales del estudio de los fitolitos es fundamental para poder valorar las posibilidades de producción de datos que la técnica ofrece así como su aplicabilidad en determinados contextos.

Por ello empezaré con las especificidades del análisis para, en una segunda parte, presentar las bases de una propuesta metodológica actualmente en desarrollo que posibilite una más adecuada aplicación del análisis de fitolitos y esqueletos silíceos a contextos arqueológicos y con objetivos también arqueológicos, siempre desde la perspectiva del materialismo histórico y a partir, por tanto, del análisis de los procesos de trabajo.

2. EL ANÁLISIS DE FITOLITOS

Los fitolitos son unas partículas de tamaño y morfología variados que se producen en el organismo vegetal como consecuencia de un proceso de mineralización.

El análisis de fitolitos surge de toda una serie de estudios de microscopía realizados por biólogos alemanes en el primer tercio del s. XIX, y es desarrollado posteriormente por profesionales de orígenes muy diversos, teniendo un papel preponderante las aportaciones realizadas desde la botánica y también desde la geología y la arqueología (ver nota 1).

Durante largo tiempo estas partículas fueron denominadas de forma generalista como biolitos (denominación que incluía indistintamente diversos tipos de partículas mineralizadas), pasándose a denominar posteriormente fitolitos de ópalo, ópalo, sílice opalino, ópalo herbáceo o sílice biogénico.

En años recientes se ha designado el término fitolito como el más adecuado para denominar estos microcuerpos por el reduccionismo que supone determinar el origen específicamente vegetal de este tipo de biomineralizaciones.

Esta mineralización es consecuencia de una actividad vital para las plantas: la absorción de agua del medio edáfico. El sílice, diluido en la solución acuosa, es absorbido como ácido monosilícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$) y vehiculado a través de los tejidos conductores hacia las partes aéreas de la planta. El sílice soluble se encuentra en los suelos de forma

constante, hallándose en porcentajes que van desde aproximadamente un 10% a cerca del 100% en algunos sedimentos (Bowdery 1998). Su presencia es consecuencia de procesos de lixiviación de minerales silíceos (por ejemplo, cuarzo y feldespatos) así como de la disolución de los propios biominerales de sílice (fitolitos, diatomeas, espículas de esponja, entre otras). Estos procesos de lixiviación se ven influidos por factores como la topografía, el clima, el tipo de roca madre o la cantidad de agua existente en el medio. Cuando este mineral llega a las partes aéreas de la planta y se da una saturación de la solución en que se encuentra, se deposita como dióxido de sílice ($(\text{SiO}_2)+4-9\% \text{H}_2\text{O}$). Una vez este proceso ha tenido lugar el resultado es generalmente irreversible (Epstein 1994).

La deposición del sílice se da tanto en el interior de las células como en la superficie exterior o incluso en los espacios intercelulares (Pearsall 1989). En los dos primeros casos obtenemos una réplica exacta de las morfologías celulares (generalmente con tamaños que oscilan entre 2 y 500 μm) (Fig. 1), mientras que en el último se producen unos cuerpos angulosos que no permiten ser adscritos al tejido de origen.

El conocimiento de la variabilidad de la anatomía vegetal es por este motivo básico para llevar a cabo la identificación del análisis de fitolitos de sílice. Dada la diversidad de la morfología celular en función de su localización anatómica, un conocimiento botánico básico, así como la creación de

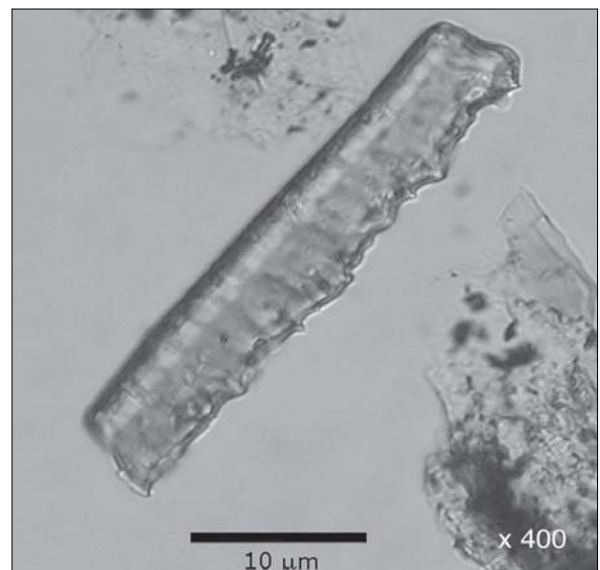


Fig. 1. Fitolito elongado (herbáceas).

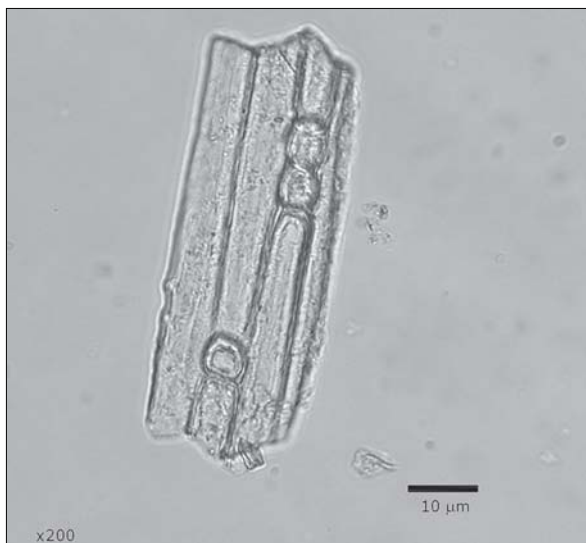


Fig. 2. Esqueleto silíceo correspondiente a un tejido epidérmico (herbáceas).

colecciones de referencia adecuadas son elementos fundamentales para un óptimo desarrollo de este tipo de análisis.

En ocasiones se conservan porciones de tejido vegetal silicificado (esqueletos silíceos), los cuales permiten llegar a un nivel de determinación más elevado al proporcionar más información anatómico-taxonomía (Fig. 2).

Aunque la mayoría de fitolitos están formados por sílice opalino, con la posible presencia tanto de oclusiones de carbón como de Al, Fe, Ti, Mn, P, Cu o C, existen también fitolitos de oxalatos de calcio. Éstos ocupan un segundo lugar tanto en los estudios paleoecológicos como arqueológicos debido a varios factores (Tillman -Sutela y Kauppi 1999; Finley 1999).

Su menor grado de preservación sería una cuestión clave, así como el hecho de que este tipo de mineralización no conlleva la producción de réplicas de morfologías reconocibles anatómicamente, sino que es resultado del proceso de cristalización del mineral. En todo caso se forman siguiendo el mismo procedimiento que el de los fitolitos de sílice: la absorción y posterior depositación del mineral en los tejidos vegetales bajo la forma de oxalato de calcio deshidratado (weddelita - $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot (2+X) \text{H}_2\text{O}$) u oxalato de calcio monohidratado (whewellitita - $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

A diferencia por tanto de las mineralizaciones silíceas, que reproducen las morfologías de los tejidos donde se originan, en el caso de los fitolitos de

oxalato de calcio se producen toda una serie de “tipos base” que pueden en algunos casos presentarse de forma combinada: drusas, rafidas (cristales agregados en forma acicular), estiloides (cristales gruesos de forma también acicular), arena de cristal o cristales bipiramidales (Mulholland y Rapp 1992).

Aunque parecen haber algunas especies en este sentido excepcionales (Pinilla *et al.* 1997), existe un cierto consenso sobre la dificultad de utilizar este tipo de fitolitos de forma sistemática para identificar la planta de origen. A pesar de ello son la forma de biomineralización más común en las plantas superiores (Tillman-Sutela y Kauppi 1999). También ha sido hallada en hongos y líquenes (Pinilla *et al.* 1997; Osterrieth *et al.* 2000; Oyarbide *et al.* 2001).

Volviendo a los fitolitos de sílice, y respecto a la función que estas células mineralizadas desarrollarían en el organismo vegetal, existen diversas hipótesis. En el caso de las gramíneas una de sus funciones sería la de actuar como elementos de resistencia a la compresión que se da durante el proceso de transpiración, previniendo así el colapso de las paredes celulares. Otra posibilidad sería mantener la turgencia del organismo vegetal en ausencia de agua. En algunos casos se ha documentado cómo el Si aumenta la tolerancia de las plantas al Mn o incluso al Al (Carnelli *et al.* 2002), así como la resistencia a un exceso de sales en el suelo (Epstein 1994). En otros casos, como en el del género *Oryza* (arroz) se ha demostrado su función protectora frente a ciertos hongos (Piperno 1988) y de forma general se considera un mecanismo de defensa frente a la predación de los herbívoros (McNaughton y Tarrants 1983; McNaughton *et al.* 1985).

La producción de fitolitos es muy diversa dependiendo de la especie. La gran cantidad de variables que influyen en la producción hace que actualmente sea difícil realizar cálculos absolutos respecto a la cantidad de materia vegetal original sobre la base de los fitolitos producidos, aunque sí es posible realizar cálculos aproximativos.

En cuanto a los índices de producción, existen varios factores que influyen positivamente, siendo los principales la afinidad taxonómica (genética) de la planta a la silicificación así como su edad. Otros factores, relativos al entorno de crecimiento, estarían relacionados tanto con el clima como con la composición del medio edáfico. Así, la disponibilidad de gran cantidad de agua, la existencia de fitolitos diluidos, de materia orgánica, etc., ... favore-

cerían la silicificación. Estas condiciones ambientales pueden influir en la magnitud de la producción y muy raramente en los patrones de localización de los fitolitos. Así, las leguminosas, por ejemplo, silicifican siempre el esclerénquima (2), ya sea la producción alta o baja.

El conocimiento sobre los patrones de producción de fitolitos dentro del reino vegetal es muy desigual, ya que tradicionalmente el interés de la investigación se ha focalizado en un número no muy alto de taxones. A pesar de ello, actualmente podemos afirmar en relación a gran parte de las familias y tejidos cuáles de ellos son productores y cuáles no (ver por ejemplo Piperno 1988).

La presencia de sílice ha sido documentada no sólo en angiospermas, sino también en musgos, equisetos, helechos y coníferas. En general, las especies herbáceas son más productoras que las especies arbóreas. Esta mayor productividad, así como el interés específico que despiertan concretamente los cereales, tanto a nivel socioeconómico como histórico y botánico, ha suscitado que las gramíneas hayan centrado gran parte de la investigación.

Actualmente el nivel de precisión de las identificaciones taxonómicas permite distinguir no sólo vegetación arbórea y de pradera, sino también:

- angiospermas y gimnospermas
- monocotiledóneas y dicotiledóneas (Parry *et al.* 1984)
- gramíneas C3 y C4 (3), así como diferentes subfamilias dentro de las gramíneas C4 (Chloridoideae y Panicoideae) (Twiss 1969; Barboni *et al.* 1999)

Es también posible identificar numerosas familias y en ocasiones se puede llegar al nivel de especie. Tan sólo a modo de ejemplo vemos que se ha trabajado intensivamente en dicotiledóneas (Bozarth 1992), angiospermas tropicales (Piperno 1989), Poaceae (Mulholland 1989; Zucol 1996), Cyperaceae (Ollendorf 1992), Cucurbitaceae (Bozarth 1987; Piperno *et al.* 2000), *Triticum* –trigo–

(Ball *et al.* 1993; Tubb *et al.* 1993; Ball *et al.* 1996; Berlin *et al.* 2003), *Triticum* y *Hordeum* –trigo y avena– (Miller-Rosen 1992; Ball *et al.* 1999), *Zea mays* –maíz– (Piperno 1984; Mulholland *et al.* 1990) o *Phaseolus vulgaris* –frijol– (Bozarth 1990).

Es importante tener presente que existen diferentes grados de silicificación de los diferentes taxones y/o tipos de tejidos, lo cual puede llevar a una representación diferencial en el registro. Existen algunos taxones que no dejan ningún tipo de rastro, no siendo esta ausencia de evidencia necesariamente una prueba de que no fueran usadas. También existen especies que silicifican menos que otras, pero por el momento no hay suficientes investigaciones que nos permitan establecer un índice para “estandarizar” de alguna manera los datos (a nivel global) y llevar a cabo cuantificaciones absolutas con respecto a las plantas de origen.

3. ENFOQUE DE LOS ESTUDIOS

En la actualidad la investigación se está realizando básicamente en torno a tres enfoques:

En primer lugar existe un enfoque actualista, planteado en la mayoría de trabajos desde un punto de vista botánico. Comprende tanto la resolución de la problemática referente a los factores que contribuyen a la producción de fitolitos en determinadas especies y/o tejidos vegetales frente a la inexistencia en otros, como la identificación de cuáles son estas especies productoras y no-productoras o la función de estas partículas en el organismo vegetal. Dentro de este grupo se incluiría toda una serie de trabajos relacionados con el ciclo biogeoquímico del sílice (Bennett y Parry 1980; Bennett 1982; Hodson *et al.* 1982, 1985; Parry *et al.* 1984; Zucol 1996; Carnelli *et al.* 2001; Borrelli y Osterrieth 2001; Alexandre *et al.* 1997; Morikawa y Saigusa 2004, y otros).

En segundo lugar habría un enfoque de tipo histórico que comprendería aquellas investigaciones cuyo objetivo es la reconstrucción del medioambiente o del uso de plantas en el pasado mediante la aplicación de la técnica a sedimentos naturales o a materiales arqueológicos (ya sean sedimentos o artefactos) (Bush *et al.* 1992; Fisher *et al.* 1995; Galvan *et al.* 1995; Piperno y Becker 1996; Alexandre *et al.* 1997; Fredlund y Tieszen 1997; Bowdery 1998; Barboni *et al.* 1999; Madella *et al.* 2002; y otros).

(2) El esclerénquima es un tejido de sostén (resistente a la tensión y a la compresión), formado por dos tipos de células: esclereidas y fibras. Generalmente presenta un alto contenido en lignina y se puede encontrar en cualquier parte del organismo vegetal.

(3) Las herbáceas C3 serían aquéllas que se encuentran en zonas más frías, con un alto índice de humedad o en zonas elevadas. Por el contrario, las C4 serían aquéllas que se encuentran en climas cálidos y en condiciones tanto climáticas como edáficas de aridez. Estas diferencias suponen una adaptación anatómica destinada a rentabilizar al máximo el proceso de fotosíntesis, lo cual comporta una morfología diferente de los tejidos epidérmicos.

En el tercer enfoque incluiríamos toda una serie de estudios cuyo objetivo es la propuesta de clasificaciones y nomenclaturas así como el desarrollo de metodologías para el tratamiento en el laboratorio de sedimentos y taxones actuales (creación de colecciones de referencia), para la extracción de residuos de artefactos arqueológicos, etc., ... incluyendo el desarrollo de métodos para la identificación de especies y/o tejidos (Ollendorf 1992; Pearsall y Dinan 1992; Zucol 1992, 1995; Tubb *et al.* 1993; Albert 1995; Madella *et al.* 1998; Lentfer y Boyd 1998, 1999, 2000; Parr *et al.* 2001; y otros).

4. PROCESADO DE LAS MUESTRAS

En relación al protocolo utilizado para tratar las muestras sedimentarias y a pesar de los numerosos métodos existentes, en todos los casos el procesado tiene como finalidad la separación de los fitolitos del resto de componentes de la matriz, posibilitando tanto su visualización mediante microscopía óptica como su cuantificación.

Al margen de particularidades que se pueden dar en algunas aplicaciones, el procesado de las muestras sigue un tratamiento que podemos calificar de común. Consiste sintéticamente en la fragmentación de la muestra, eliminación de carbonatos, dispersión (defloculación) de la muestra con eliminación parcial o total de las arcillas y destrucción de la materia orgánica (Madella *et al.* 1998). Una segunda parte del procesado, no tan generalizada como la primera, contempla la separación densimétrica de la fracción de sílice amorfo del resto de minerales contenidos en la muestra mediante el uso de un líquido pesado calibrado.

Las diferencias entre diferentes investigaciones radican en la cantidad de muestra procesada, el uso de diferentes productos químicos, en la eliminación de la materia orgánica mediante calcinado de las muestras o mediante oxidación, tipo de productos químicos usados, etc. (4).

Las muestras se montan en láminas (con resinas sintéticas, aceite de inmersión, etc.) para su visualización

al microscopio óptico (5), generalmente entre 400 y 1000 aumentos. Entonces se realizan los conteos, de un modo similar al polínico. Se establecen unas categorías a identificar (a nivel de morfotipos, o de tipo más generalista, arbóreo/no arbóreo, por ejemplo) en función de los intereses de la investigación. Igualmente se determina un número mínimo de individuos en el conteo que se considera estadísticamente representativo.

Uno de los mayores avances metodológicos implementados en el análisis de fitolitos desde una perspectiva arqueológica (probablemente el más relevante hasta el momento) es el desarrollado por Albert y Weiner (2001). Mediante una batería de cálculos hacen posible estandarizar los resultados de las extracciones (remitiendo a un número de fitolitos por gramo de AIF-*Acid Insoluble Fraction*), pudiendo de este modo comparar las muestras (cuantitativamente) entre sí. Esto permite, entre otras cosas, detectar las cantidades de fitolitos en determinadas muestras (por ejemplo en relación a áreas concretas del yacimiento o periodos).

5. FITOLITOS EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

Tras esta introducción se hace necesario cuestionar la rentabilidad de la técnica. Es decir, qué aporta realmente a cambio de la inversión (en especialización, equipamiento y trabajo) que supone. Los datos que obtenemos, ¿qué aportan a lo producido por la antracología, la carpología o la palinología? ¿o repiten informaciones ya obtenidas? Ambas posibilidades son interesantes y necesariamente determinan un tipo de estrategia de investigación diferente. Cada caso particular de investigación nos ofrecerá probablemente una realidad diferente, en la que se reiterarán informaciones o bien se añadirán nuevas. Serán los intereses de la investigación, las hipótesis a resolver, lo que determinará la necesidad de utilizar unas u otras técnicas o bien todas ellas de forma articulada, siendo la combinación o interdisciplinariedad entre ellas la estrategia metodológica más adecuada si lo que pretendemos es obtener una imagen global del consumo de vegetales. Como veremos, si bien en determinados aspectos estas posibilidades informativas se solapan a las

(4) Existen numerosas publicaciones que tratan específicamente los métodos de laboratorio. Entre ellas destacan numerosos artículos publicados en *The Phytolitharien Newsletter*, publicación periódica de la *Society for Phytolith Research*, como Buckler *et al.* 1994; así como otros en publicaciones de mayor difusión Piperno 1988; Pearsall 1989; Lentfer y Boyd 1999, 2000; Parr *et al.* 2001; Coil *et al.* 2003; Horrocks 2005.

(5) El uso de la microscopía electrónica queda generalmente restringido al estudio de detalle de determinadas características de algunos fitolitos y a la realización de fotos de alta calidad destinadas a publicaciones.

de la antracología, paleocarpología, etc., pudiendo obtener así una confirmación de unos y otros datos, en muchas otras ocasiones los datos obtenidos son inasequibles por medio de otra técnica.

Básicamente, hay tres características de los fitolitos, perdurabilidad, inalterabilidad y la capacidad de ofrecer una representación anatómica general y una cobertura taxonómica más amplia, que dotan de un carácter alternativo a la técnica, ya que permite incorporar informaciones nuevas al registro arqueobotánico.

5.1. Perdurabilidad

Las características físico-químicas de estas partículas hacen que sean el único resto botánico que se preserve en condiciones de conservación no excepcionales. Generalmente esto sucede en medios sedimentarios con rangos de pH entre 2 y 9, aunque se dan casos en los que perduran en medios con un pH muy elevado, como en algunas zonas tropicales (Piperno 1988). Existen otros factores, como la existencia de materia orgánica u oclusiones de carbón, que previenen la disolución. Numerosas investigaciones, en ciencias cuya profundidad temporal es muy superior a la arqueológica (paleontología, geología...), avalan esta perdurabilidad (Jones *et al.* 1963; Carnelli *et al.* 2001; Parmenter y Folger 1974; Flores *et al.* 2000; Fredlund y Tieszen 1997; Stromberg 2002).

En el caso de la arqueología esta técnica se ha aplicado de forma secundaria a sociedades cazadoras-recolectoras, habiéndose analizado preferentemente materiales de cronologías más recientes, en cuyo caso con mayor frecuencia se cuenta con una buena conservación de otros restos arqueobotánicos. Así, los estudios en contextos agrícolas o relacionados con los orígenes de la agricultura han proliferado especialmente (Pearsall y Trimble 1984; Miller-Rosen y Weiner 1994; Zhao y Piperno 2000; Mbida *et al.* 2001; Trombold y Israele-Alcántara 2005).

Existen algunas excepciones, entre las que destacan los trabajos de Albert (Albert *et al.* 1999, 2000, 2003) llevados a cabo sobre sedimentos de yacimientos en Israel. En el caso de Tabun, en un contexto correspondiente a Paleolítico Medio, las cenizas procedentes de las grandes áreas de combustión fueron analizadas para dar cuenta del tipo de combustibles utilizados. Otro ejemplo para estas cronologías es el llevado a cabo por Madella

(Madella *et al.* 2002) en el yacimiento de Amud, también en Israel.

Gracias a esta perdurabilidad del sílice es posible solventar el problema de la falta de referentes para el análisis del consumo de vegetales en aquellos casos en los que se da una fuerte degradación de los restos arqueobotánicos antracológicos y carpológicos.

5.2. Inalterabilidad

El análisis de fitolitos permite identificar materiales vegetales al margen de que fueran procesados, intencional o accidentalmente, mediante el uso del fuego. Ésta es probablemente la gran diferencia con respecto a la antracología y la paleocarpología, ya que en ambos casos la conservación generalmente es consecuencia de la torrefacción o de la carbonización, intencionales o no. El análisis de fitolitos ofrece una panorámica general del consumo de vegetales independientemente del procesado a que hubieran sido sometidos. El troceado, molienda, hervido, asado, etc., no altera en absoluto ni los protocolos a seguir ni los resultados de la técnica, ya que los fitolitos no son modificados cuando los vegetales sufren estas transformaciones. En lo que respecta al tratamiento con calor, también obtendremos generalmente una fiel representación de los mismos ya que la temperatura de fusión del sílice es extremadamente elevada. De hecho, son necesarios unos 500 °C para que el sílice opalino se funda y 1150 °C para que se modifique y cristalice (Jones y Milne 1963, cit. en Pearsall 1989).

5.3. Representación anatómica general

Las técnicas arqueobotánicas más habituales, antracología y paleocarpología, son técnicas cuyo objeto de análisis es limitado si el objetivo de nuestro trabajo es conocer el consumo general de vegetales. Ambas analizan materiales muy específicos, relativos a taxones concretos y que se definen en relación a la parte anatómica de los vegetales que estudian. En ambos casos, nos referimos a unos recursos muy específicos, que aunque no en todos los casos, sí se asocian generalmente a su función como combustible en el caso primero y a la alimentación en el segundo. El análisis de fitolitos nos remite a prácticamente cualquier tipo de tejido ve-

getal (aunque haya algunos de estos tejidos en los que estas partículas se den más frecuentemente y en mayor abundancia, como las partes aéreas) y también a cualquier tipo de vegetal (aunque no todos sean productores y haya familias más productoras que otras). De este modo cubre un espectro, aunque no total, sí más amplio tanto de tejidos como de grupos de vegetales.

Una vez mostradas las amplias posibilidades que el análisis de fitolitos ofrece a la arqueología, se hace necesario aclarar alguna de las críticas erigidas en torno a estos análisis. Éstas han surgido de ese desconocimiento de la técnica ya comentado y de expectativas generadas desde el uso habitual de la antracología y palinología, esperando obtener también listas sistemáticas de especies. Tienen su base en particularidades de la técnica consideradas como “problemas” o “limitaciones” inherentes a la misma, y que han sido calificadas *a priori* como cuestiones irresolubles de suficiente peso como para invalidar su uso.

Concretamente nos referimos a la naturaleza de los conjuntos fitolitológicos, la iluviación de estas partículas y la imprecisión taxonómica.

5.4 Naturaleza de los conjuntos fitolitológicos

Probablemente debido a similitudes tanto en el tamaño como en el tipo de muestras o en la técnica de procesado en el laboratorio, se han realizado excesivos paralelismos entre el análisis de fitolitos y el de polen, aunque las únicas similitudes sean precisamente éstas. La asociación realizada entre fitolitos y granos de polen ha supuesto entender a los primeros como partículas capaces de desplazarse del mismo modo que los segundos, resultando así imposible conocer la pertenencia original de un conjunto fitolitológico a un sedimento o estrato.

En este sentido debe recordarse que el diseño del polen tiene como finalidad precisamente su dispersión. En el caso de los fitolitos, éstos quedan en el lugar en el que se encontraba la materia vegetal de origen (ya fuera ésta su ubicación original o habiendo sido aportada a ese lugar antrópicamente), pasando a integrarse en el sedimento. Evidentemente, se pueden producir aportaciones de fitolitos posteriores, ya sea a consecuencia de la actividad de animales, o debido a filtraciones de agua en cuevas, etc., (Madella y Power-Jones 1998), pero en todo caso no son comparables a la movilidad del polen.

Existen un par de casos, respondiendo a unas condiciones ambientales muy específicas, en los que sí se ha documentado movilidad de los fitolitos.

El primer caso está en relación con climas desérticos, donde esta movilidad es fruto de las características de la matriz sedimentaria, totalmente desagregada por la falta de materia orgánica. Así, la acción del viento puede ocasionar su transporte, tal y como documentó el naturalista británico Darwin, quien a bordo del *Beagle* recogió un polvo aportado eólicamente frente a las costas de Cabo Verde. Este polvo, analizado por el biólogo alemán Ehrenberg, resultó estar compuesto básicamente por fitolitos (Piperno 1988). Otro ejemplo, actual, sería el analizado por Folger *et al.* (1967).

La segunda posibilidad tiene relación con incendios forestales. En éstos, la rápida desaparición de la materia orgánica ocasiona que los fitolitos sean liberados en el aire, entre las cenizas. También en este caso el viento actúa como factor de dispersión. Los estudios realizados por Hart (1997) en Nueva Gales del Sur (Australia) mostraron la relación entre el fuego y el transporte de ciertos morfotipos. Según sus análisis, los fuegos forestales que de forma periódica (cada 8-12 años) tienen lugar en esa área del continente australiano eran la causa de la dispersión de cierto tipo de fitolitos, de pequeño tamaño, que no aparecían en los conjuntos fitolitológicos del suelo pero que sí aparecían habitualmente en la vegetación de la zona. En este sentido se puede decir que el fuego actuaba como un filtro natural que desvirtuaba los conjuntos fitolitológicos del suelo.

5.5. Iluviación

Una de las cuestiones que más polémica han despertado es la iluviación o movilidad vertical de estas partículas a lo largo del perfil del suelo. Esto supondría que la asignación de un conjunto fitolitológico a un paquete estratigráfico y, por tanto, a un nivel de ocupación y/o área de actividad vendría inevitablemente dudosa. En este sentido, los especialistas en análisis de fitolitos han formulado lo que se ha denominado la *static phytolith hypothesis* (Piperno 1988; Bobrova y Bobrov 1997; Barboni *et al.* 1999; Pearssall 1989) y la *mobile phytolith hypothesis* (Fredlund y Tieszen 1997; Hart y Humphreys 1997). Éstas argumentan respectivamente a favor de una u otra posibilidad; suponen

bien el estatismo de estas partículas en la localización concreta en que quedaron tras la desaparición del tejido vegetal en que fueron producidos o, por el contrario, su movilidad vertical y su situación, por tanto, secundaria.

El movimiento vertical puede darse, siendo menor o mayor su magnitud en función del tipo de matriz sedimentaria y de ciertos procesos, relacionados con la acción de la microfauna, las características geomorfológicas de la zona de estudio, etc., siendo por ello básico un conocimiento exhaustivo de las características sedimentológicas y geomorfológicas del yacimiento, así como de los procesos tafonómicos acaecidos.

Se considera posible esta movilidad especialmente en casos de matrices sedimentarias altamente arenosas y con un nivel de materia orgánica bajo, en las que se de un continuo y eficaz lavado del suelo. Estos procesos dan lugar a la traslación de las partículas más pequeñas a niveles inferiores, donde pueden acumularse en caso de que cambien esas condiciones que habrían facilitado la percolación.

Los estudios sedimentológicos que avalen una ausencia de procesos de pedogeneización de los perfiles serán el elemento que asegure la estabilidad de los fitolitos en su localización concreta de deposición. Otras investigaciones, como las realizadas en el yacimiento de Amud por Madella *et al.* (2002) consideraron la inmovilidad de los conjuntos fitolitológicos en el caso concreto de Amud y, por tanto, su pertenencia a los niveles paleolíticos, en base a estudios estratigráficos y micromorfológicos así como por las buenas condiciones de preservación de estas partículas (que presentaban una baja fragmentación y erosión superficial). Diversos estudios realizados sobre la movilidad del polen demuestran precisamente cómo ésta está estrechamente ligada a las características del yacimiento (Kelso 1994; Dimpleby 1985 cit. en Therin 1998). En todo caso es de destacar que los fitolitos no presentan problemas de iluviación del calibre de los que puede presentar el polen, cuyo análisis y resultados están ampliamente aceptados y generalizados en numerosas disciplinas (Bobrova y Bobrov 1997).

En relación a la interdisciplinariedad a la que tan frecuentemente aludimos en arqueología, es de destacar que la combinación del análisis de fitolitos con el micromorfológico de suelos permite determinar la ausencia o presencia de movimientos

verticales de fitolitos y esqueletos silíceos (Grave y Kealhofer 1999). De este modo, el uso combinado de las dos técnicas permite una optimización de las posibilidades informativas de ambas.

5.6. Imprecisión taxonómica

La posibilidad de realizar identificaciones a nivel de especie mediante el análisis de fitolitos depende de la existencia de algún morfotipo diagnóstico, así como del desarrollo de métodos (morfométricos, estadísticos), que permitan establecer protocolos para llevar a cabo las determinaciones. En la mayoría de los análisis el nivel de identificación corresponde al de género o familia. Los estudios llevados a cabo con fines a la identificación de especies han sido muy intensivos en determinados casos de alto interés arqueológico y botánico como es el trigo (Ball *et al.* 1996, 1999; Miller-Rosen 1992).

En todo caso es importante destacar que la gran aportación del análisis de fitolitos no consiste en la identificación de especies, sino en la determinación de diferentes tipos de tejidos vegetales, especialmente los correspondientes a las partes verdes. Sin la aplicación del análisis de fitolitos la representación de las mismas en el registro arqueológico no es factible a excepción de casos muy excepcionales. Ésta es específicamente la gran aportación del análisis de fitolitos: posibilitar la detección de todo un universo de materias (y, por ende, de manufacturas y procesos de trabajo) que generalmente no son asequibles (6). De este modo se hace evidente que mediante la combinación y articulación de las diferentes técnicas arqueobotánicas es posible acceder a nuevos y diferentes tipos de informaciones relativas al consumo de vegetales.

Sobre la base de todo lo dicho, se hace necesario ofrecer un marco de interpretación que nos permita saber no sólo cuál es la información anatómica y taxonómica que ofrece un conjunto fitolitológico, sino también qué significa a nivel arqueológico. Necesitamos significar los materiales más allá de su materialidad, dotarlos de significado a nivel arqueológico.

(6) Existen algunas otras técnicas, como por ejemplo el análisis de parénquimas (Hather 1993; Kubiak-Martens 1996, 2002) que también permiten visibilizar el consumo de recursos vegetales en el registro arqueológico, aunque en su caso se requieren unas condiciones de preservación específicas.

6. BASES PARA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA (7)

A partir de nuestra realidad actual así como de los estudios etnográficos e históricos hemos podido documentar multiplicidad de maneras de trabajar los recursos vegetales e infinidad de productos, tanto alimenticios como bienes de uso, realizados sobre la base o con participación de materias procedentes del reino vegetal. Del mismo modo, es innegable que la participación de los materiales vegetales es fundamental a todos los niveles y en todas las sociedades conocidas (como alimento, forraje, combustible, material de construcción, medicinas, etc, ...) con escasísimas excepciones (como las comunidades habitantes del Ártico).

A pesar de ello, en términos generales se puede decir que existe una grave falta de "visibilidad" del uso de los recursos vegetales en la prehistoria (especialmente en lo que a sociedades cazadoras-recolectoras se refiere). Tras esta falta de visibilidad se esconde no sólo el argumento de la falta de conservación de los restos arqueobotánicos, sino también prejuicios sobre la importancia de los diferentes tipos de recursos. Me refiero concretamente a la sobrevaloración de unos recursos frente a otros (a nivel alimentario la carne por encima del resto de recursos o a nivel objetual el lítico). Estos prejuicios suelen ir acompañados también de preconcepciones sobre quiénes eran en cada caso los agentes sociales que los gestionaban, considerándose al hombre como encargado de la caza y la gestión de los materiales líticos y a las mujeres como recolectoras.

Se puede decir que gran parte de esos problemas de representación podrían solventarse. La investigación arqueobotánica adolece con frecuencia de reflexión metodológica, siendo la mayoría de los trabajos de carácter aplicativo. Integrar nuevas técnicas y propiciar la complementariedad de unas y otras en base a un acercamiento más arqueológico resultaría altamente productivo.

Hace tiempo que se hace necesario un desarrollo metodológico general en arqueología (Barceló *et al.* 2006; Terradas *et al.* 1999, entre otros). En arqueobotánica particularmente, la necesidad de esta renovación metodológica es más que evidente;

(7) Esta propuesta fue expuesta en el trabajo de Investigación de Tercer Ciclo de la autora; *Preguntas en torno al consumo de vegetales en la prehistoria, propuesta de método para el análisis de fitolitos en contextos arqueológicos*, (Depto. de Prehistoria, UAB, 2002), dirigido por la Dra. A. Vila y el Dr. M. Madella.

existen diversos problemas (determinación del carácter antrópico o natural de los conjuntos, elección de un método adecuado de cuantificación, interpretación socioeconómica de los datos, etc.) la resolución de los cuales supondría dotar de una importante rentabilidad informativa a los datos que obtenemos de esta parte del registro arqueológico cuyo origen es vegetal.

La presente propuesta se enmarca en esta problemática y tiene como objetivo presentar una metodología específicamente dirigida a la producción de datos sobre el consumo de vegetales que resulten adecuados para ayudar en una reconstrucción fiable de las estrategias de subsistencia de las sociedades en estudio. Se pretende así que el análisis de fitolitos sea integrado de forma activa y constante en la investigación arqueológica, dejando de ser una aplicación técnica empleada de forma puntual. Mediante esa concretización metodológica, el análisis de fitolitos dejaría de ser una técnica más, cuyo uso puede ofrecer, eso sí, un aspecto muy sofisticado a una publicación o investigación arqueológica pero nada más que eso.

El marco de actuación dentro del cual se desarrolla esta propuesta es el materialismo histórico y desde una perspectiva materialista son numerosos los trabajos teóricos que han tratado la cuestión de la producción (Risch 1995; Bate 1998; Ruiz del Olmo y Briz 1998; Briz 2004 ; Barceló *et al.* 2006, entre otros), así que este tema no será tratado aquí en profundidad.

El análisis de los procesos de trabajo será el eje vertebrador a partir del cual desplegar los diferentes elementos de la propuesta.

El consumo de vegetales se entiende como una parte de los procesos particulares de trabajo así como parte del ciclo general de producción que caracteriza socioeconómicamente a una sociedad.

La reconstrucción y caracterización de los distintos procesos de trabajo desarrollados en el pasado a partir de los materiales registrados en yacimientos entraña por sí sola una dificultad considerable. A pesar de ello, para numerosos equipos de investigación la(s) metodología(s) desarrolladas para el estudio de este aspecto de las sociedades son consideradas suficientemente "exploradas", entendiendo así que el proceso de aprehensión de dichas informaciones se ha realizado ya de forma correcta y legítima. Así, se dan como válidas las diversas etapas del proceso de investigación: el muestreo, la creación de datos, la significación estadística de los resultados, su interpretación socio-económica, etc.

Tras especificar la necesidad de un desarrollo metodológico general y de la voluntad de estudio de la producción como ciclo general, esta propuesta consta de la explicitación de varios objetivos particulares y de la especificación de cuáles son las categorías económicas utilizadas así como el proceso de adscripción de los restos arqueobotánicos a éstas.

Para el estudio de los recursos vegetales desde una perspectiva del análisis de fitolitos es necesario establecer una batería de “objetivos medios”, que nos permitan acercarnos a esas estrategias generales de consumo de vegetales (Piqué 1999). Serán las recurrencias halladas en estos “objetivos medios” las que nos permitan caracterizar las unidades de estudio (sean yacimientos, ocupaciones, etc, ...):

– Reconstrucción de los procesos de trabajo: éste es el objetivo principal, ya que los procesos de trabajo son entendidos como el elemento que nos permite realizar una primera aproximación materialista y objetiva a las sociedades del pasado. Necesitamos datos fitolitológicos que podamos relacionar o adscribir a categorías que, a su vez, nos permitan identificar procesos de trabajo: Mp (Materia Prima), Ot (Objeto de Trabajo), etc., ... (ver páginas siguientes).

– Identificación de una organización específica del espacio: la localización en el asentamiento de los diferentes elementos identificados en el punto anterior (Ot, P, ...) nos permitirá establecer dos afirmaciones. En primer lugar, será posible determinar la forma en que se presentan los diferentes elementos integrantes de los procesos de trabajo, ya sea ésta asociada o no. Esta información debe servir en una primera instancia para dirigir esa identificación de los procesos de trabajo, que puede verse reafirmada en base a la combinación de diferentes análisis, como es el caso de la combinación de residuos vegetales y análisis funcional del material lítico, por ejemplo. En segundo lugar se identifican las diferentes zonas de trabajo en que se organiza el espacio, sobre la base de la disposición discontinuada de los materiales arqueológicos, así como una posible funcionalidad especializada de los diferentes asentamientos o zonas de los mismos. Así, pueden identificarse áreas de almacenamiento o de procesado de cereales, por ejemplo.

– Identificación del consumo de materias vegetales y específicamente de los tejidos/especies: la

presente propuesta plantea específicamente la reconstrucción de los procesos de trabajo realizados sobre materias vegetales, permitiendo de este modo un mayor conocimiento sobre el uso de este tipo de recursos naturales y concretamente sobre el tipo de vegetales utilizados. Por ello es básico también la determinación del tipo de tejido vegetal. La determinación taxonómica, por otra parte, permitirá entre otras cosas identificar posibles ocupaciones estacionales de los asentamientos así como el uso más específico de determinadas plantas, cultivadas o no, la especialización funcional de contenedores, hogares, etc.

Respecto a los objetivos medios especificados, debe destacarse la necesidad de una adecuada estrategia de muestreo como requisito *sine qua non* para su consecución. Ésta es extremadamente importante, ya que determina la calidad de las informaciones obtenidas y puede predeterminar (en ocasiones de forma errónea) posibles interpretaciones. La interpretación, por ejemplo, de los resultados de análisis realizados sobre muestras procedentes exclusivamente de un hogar puede ser muy diferente de la que llevaríamos a cabo si también contásemos con datos de sedimento de fuera del mismo (*muestras de control*). Estos datos pueden refutar o verificar, por ejemplo, la presencia significativa o exclusiva de un cierto tipo de material.

La estrategia de muestreo necesariamente está en relación directa con nuestras hipótesis de trabajo y el tipo de datos que necesitamos y que esperamos conseguir en base a estos análisis. Estos objetivos condicionan dónde tomar las muestras, que la toma de muestras se realice por ejemplo en el yacimiento y/o en lugares no antropizados, la existencia de muestras de control, etc. (Zurro 2002; ver nota 4).

Pero a su vez esta estrategia viene condicionada por todas las peculiaridades tanto de la técnica en sí como del método concreto que sigamos para aplicarla y se refieren a la cantidad de muestra necesaria, al grado de fiabilidad de los resultados, que puede condicionar el número de análisis por muestra, o incluso al número de muestras por unidad analizada. También es importante tener presentes los procedimientos necesarios para evitar contaminaciones.

Existe un elemento que de alguna manera podemos considerar estable, las características de estas partículas y de las técnicas de análisis son objetivas y particulares (al margen de que existan diferentes

métodos para tratarlas y de que sean también constantemente “mejoradas” o adaptadas a características específicas de cada yacimiento). El elemento variable, relativo a los objetivos, es el que debe ser determinado para cada caso y se construye en función de la investigación y de las peculiaridades del yacimiento pero en todo caso conociendo y teniendo en cuenta el anterior.

En la presente propuesta los objetivos ya han sido explicitados, de manera que tan sólo cabe especificar que únicamente una estrategia de muestreo horizontal evidenciará de un modo óptimo tanto la disposición como la asociación de los materiales arqueológicos, cumpliendo las expectativas depositadas en estos análisis para esta propuesta concreta. El muestreo vertical puede resultar muy útil para el entendimiento de aspectos muy básicos de tipo tafonómico, especialmente en yacimientos pequeños y/o en cueva. Hasta la fecha no existen publicaciones que traten a fondo la cuestión del muestreo de fitolitos en arqueología.

Adscripción a las categorías económicas

La adscripción de los restos hallados a las diferentes categorías se basa en uno de los conceptos básicos del materialismo histórico, el trabajo. Éste es definido por el propio Marx (1867) como transformación de la materia o actividad encaminada a la obtención de un producto determinado mediante la transformación de una materia también determinada. Esta transformación puede tener lugar con ayuda de un instrumento de trabajo y en todo caso mediante la aplicación de energía (fuerza de trabajo) y de una técnica. Es la “*asimilación de los materiales naturales al servicio de las necesidades humanas*” (Marx 1867: 136).

Los estudios sociales marxistas han puesto en evidencia que el trabajo es condición *sine qua non* de la existencia humana y social. Por tanto, su análisis nos puede ofrecer parámetros objetivos para el estudio de las sociedades así como de los procesos históricos. A diferencia de otras propuestas en arqueología, cuya definición de la relación sociedad-medio no es totalmente explicitada (incluso en aquellas que se definen como adaptacionistas), el materialismo histórico evidencia cómo es precisamente a través del trabajo que se da esa relación, que es dialéctica y por tanto no unidireccional (véase los procesos de domesticación, por ejemplo).

El materialismo histórico identificó y definió el papel de todos los elementos que entran en juego en los diferentes procesos de trabajo (las materias y bienes de uso, la fuerza de trabajo o energía humana aplicada, etc.) mediante su adscripción a un conjunto de categorías.

Una misma materia puede ser categorizada de forma diferente, ya que es precisamente el rol que cumple en cada proceso y su situación con respecto a los otros elementos (cómo se relaciona con ellos), lo que la define. Es decir, que ese valor dentro del proceso de trabajo no es intrínseco al objeto en sí, sino que sólo se manifiesta (materialmente), cuando este proceso tiene lugar. Por ello, un mismo material cumple roles diferentes según transforma o es transformado, así como según el grado de transformación acontecido.

Luego, el elemento clave para desarrollar la propuesta será específicamente el grado de transformación de los vegetales que podamos detectar a partir de los conjuntos fitolitológicos. Pero, como ya se ha apuntado en la primera parte de este trabajo, estas partículas no sufren modificación alguna a pesar de los procesados a que se someten generalmente los vegetales, ya sea para su consumo alimenticio o para la producción de valores de uso. Por ello no podemos pretender detectar esta transformación de forma “directa”, durante el análisis de las muestras, sino que deben establecerse otros criterios.

La posibilidad que se nos ofrece desde el análisis de fitolitos es la de detectar en nuestras muestras la existencia de acumulaciones de diverso tipo, obviamente de carácter antrópico. Estas acumulaciones deben ser determinadas en base a niveles establecidos estadísticamente como significativos. La existencia de dichas acumulaciones no naturales debe ser entendida como el resultado de un proceso de selección, siendo éste el axioma sobre el que descansa la propuesta. Dentro de las prácticas socioeconómicas de una sociedad esta selección tiene una finalidad particular, cumple una función concreta a nivel económico, incluso en aquellos casos en que la materia no llegue a ser amortizada (no llegue a ser utilizada para el fin para el que fue adquirida).

La determinación del tiempo de trabajo invertido será el elemento central de la propuesta. Esta inversión de trabajo otorga un valor específico al objeto en sí, valor que es creciente a medida que ese trabajo aumenta (Lull 1988). Por ello es posible, en determinados casos, establecer una escala gradual,

relativa, de acumulación de valor (8) por medio del trabajo realizado. En este sentido tanto la escala como la precisión de esta selección pueden ser indicativas de la cantidad de trabajo invertido.

Estos diferentes elementos a los que aluden las categorías son universales y pueden ser reconocidos en los diferentes registros arqueológicos (arqueobotánico, lítico, faunístico, etc., ...) mediante la constatación de la transformación de la materia y de la asociación de unos y otros materiales arqueológicos (instrumentos, residuos, productos, ...) (Briz *et al.* 2002).

Las categorías utilizadas en este caso son las que siguen:

Recurso (Rc): Materia (vegetal, mineral o animal) que se encuentra disponible en el medio histórico, aprehensible mediante la tecnología de que dispone el grupo humano que lo habita e integrante, en consecuencia, de los procesos de trabajo que caracterizan a esta comunidad. Los recursos vegetales serían en todo caso aquellos que son recolectados y en cuya reproducción no se ha intervenido. Un ejemplo sería un cañal en el caso de una sociedad que utilizara específicamente esas especies para fabricar cestos.

Instrumento de trabajo (It): Producto que se utiliza, en un proceso de trabajo, como elemento mediante el cual transformamos o nos ayudamos a transformar un Ot dado. El instrumento de trabajo se define por su participación como tal en un proceso de trabajo o en alguna fase del mismo. Un ejemplo sería el punzón utilizado para la confección de cestería.

Materia bruta (Mb): materia que como transformación tan sólo ha sido extraída del medio. Por ejemplo un atado de juncos arrancados para la confección de cestería.

Materia prima (Mp): materia que habiendo sido ya extraída del medio, ha sufrido una primera transformación en su propia materialidad (ya ha sido objeto de trabajo). Siguiendo con el caso de los juncos, los tallos separados del resto de la planta serían una Mp, y se convertirían en Mp1, Mp2, etc., según fueran sufriendo transformaciones (cortado longitudinal, ablandado de las fibras, secado, etc.).

Objeto de trabajo (Ot): materia que es trans-

formada a lo largo del proceso de trabajo. Puede ser una Mb (que se transforma así en Mp) o una Mp que inicia una escala de transformación (Mp1, Mp2, etc.). Los juncos serían Ot en cada una de las etapas de transformación.

Materia auxiliar (Maux.): son materias primas que a lo largo del proceso de trabajo son absorbidas por el instrumento o incorporadas a la materia prima. Tal sería el caso de ocres en el proceso de curtido de pieles o de desgrasantes vegetales en la fabricación de cerámica. Esta incorporación al proceso de trabajo no tiene que ser una condición para el desarrollo del mismo pero puede implicar una mejora de la técnica. En el caso del ejemplo de los juncos el agua, en un proceso de ablandado, sería una materia auxiliar.

Residuo (de un proceso de trabajo) (R): Los residuos de trabajo son materia fruto de las características concretas de un proceso de trabajo. Su producción es una consecuencia pero no la finalidad del mismo. En nuestro ejemplo las raíces, separadas de los tallos, serían residuos. Otro ejemplo serían los carbones que hallamos en contextos arqueológicos. Éstos son productos secundarios en el proceso de producción de energía lumínica o calorífica. Son un derivado no buscado pero inevitable en la producción de llamas o brasas.

Producto (P): objeto resultante de un proceso de trabajo previamente determinado. Es el resultado de la transformación de un Ot. En este caso sería el cesto acabado.

La recolección de plantas enteras, por ejemplo, da lugar a un cambio sustantivo en la materialidad de la planta (de hecho, deja de ser un ser vivo). Así, ese recurso natural que son determinadas plantas que se consumen pasa a ser Materia bruta, una vez ya extraída de la naturaleza y Materia prima cuando sufre una primera transformación. La Mp guarda más valor acumulado que la Mb. Pero esta Mp o Mb pueden, como Ot trabajado y convertido en Producto, volver a ser incluidas de nuevo en un proceso de trabajo, de nuevo como Ot para ser finalizado o iniciar de nuevo el ciclo tantas veces como sea necesario. En todo caso lo que resulta claro es que en todos estos procesos se da una acumulación de valor por medio del incremento gradual del trabajo invertido.

La adscripción de un conjunto fitolitológico a una u otra categoría se basará en su caracterización como selección de primer grado que corresponde a Mb o selección de segundo grado, correspondiente a Mp. En general las selecciones taxonómicas lo

(8) Se usa aquí el concepto marxista de valor o valor objetivo, entendido como el equivalente al volumen de trabajo invertido. Es, por tanto, un concepto no sujeto a subjetividades e independiente del tipo de sociedad-economía (o modo de producción, en términos marxistas) que estemos tratando.

serán de primer grado, mientras que las de tejidos (anatómicas) lo serán de segundo. El carácter taxonómico de este tipo de selección no implica necesariamente que la selección sea al nivel de especie (podemos estarnos refiriendo, por ejemplo, a una recolección de gramíneas). Una selección de segundo grado, de tejidos, puede implicar una “re-selección” sobre un conjunto de materiales previamente seleccionados, pudiendo suponer así la realización de un proceso de trabajo si para conseguir este objetivo es necesario modificar ese material de alguna manera. Habrá casos puntuales en los que se de directamente una selección de “segundo grado”. Por ejemplo, si se están recogiendo ramas muertas del suelo, el hecho de recoger determinadas especies y no otras no implica necesariamente un trabajo de modificación aunque requiera una selección de tipo “visual”.

Según todo lo dicho anteriormente, hallaremos casos en los que determinemos muy claramente una selección (paja, por ejemplo), pero no tenemos modo de saber si ésta corresponde a un producto ya acabado (un camastro o algún tipo de acondicionamiento de una unidad habitacional, por ejemplo) o si bien es un producto a medio acabar, con el que

posteriormente se fabricará un determinado valor de uso (por ejemplo, adobe). Para determinar el papel específico de esa materia en los diferentes procesos que se dan en ese contexto concreto es imprescindible conocer la relación que ésta establece con los otros materiales o elementos del trabajo. El muestreo, por otra parte, nos ha de permitir detectar la presencia regular en un suelo de ocupación de asociaciones fitolitológicas características de ese material y por tanto no sólo de la zona (general) del yacimiento en que se halla sino también de la superficie concreta que ocupa. Como ya se ha dicho, las categorías económicas del materialismo histórico se definen precisamente en base a las relaciones en que se enmarcan, son de carácter dialéctico.

Del mismo modo, será elemental conocer el resto de materiales arqueológicos, así como sus particularidades. Por ello, será la existencia de diversos tipos de asociaciones que se explicitarán a continuación, lo que nos puede permitir realizar una aproximación válida a esos diferentes elementos integrantes de los procesos de trabajo.

El siguiente esquema (Fig. 3) ejemplifica la presente propuesta. Este ejemplo, denominado herbáceas, podría corresponder al procesado de juncos ya

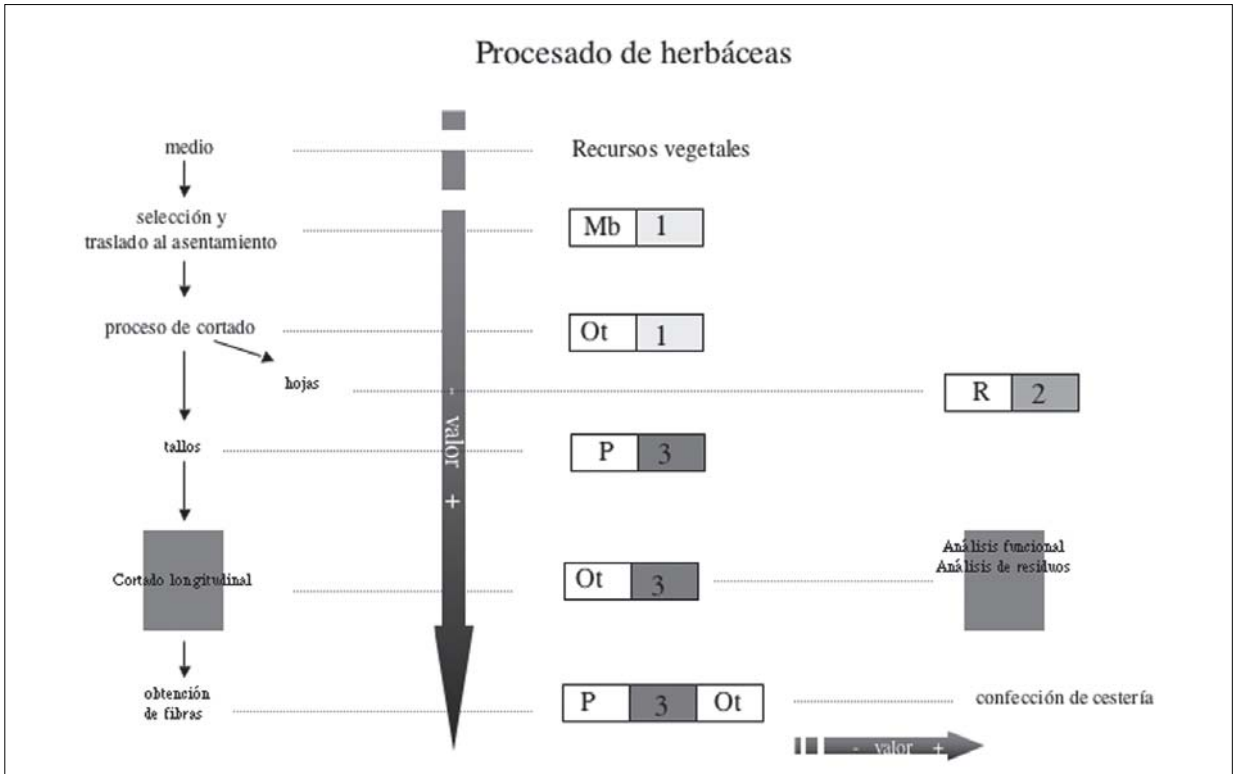


Fig. 3. Esquema de procesado de herbáceas.

utilizado. La columna de la izquierda determina las diferentes etapas del procesado; extracción del medio, selección y traslado, etc., ... La flecha indica un incremento gradual del valor (del volumen de trabajo invertido, por tanto). La segunda columna, a la derecha, muestra en el recuadro blanco su adscripción a la categoría económica correspondiente (Mp, Ot, etc.), y en el recuadro coloreado y representados mediante números, los diferentes conjuntos fitolitológicos resultantes (en este caso se trataría de 3 asociaciones fitolitológicas diferenciadas y reconocibles por un especialista). El producto resultante (P/3), sería insertado como Ot en un nuevo proceso que sería el de la confección de cestería, iniciándose así un nuevo proceso de acumulación de valor.

En este caso (Fig. 4) encontramos el procesado de cereales. De nuevo, la columna de la izquierda especifica las tareas desarrolladas, mientras los cuadros de la derecha muestran la adscripción a la categoría correspondiente y las diferentes asociaciones fitolitológicas que podemos hallar. Finalmente, vemos como P/2 genera, tras otro proceso de trabajo (aventado), un producto que son las semillas y un residuo o desecho que serán las glumas.

Ambos materiales podrían de nuevo verse integrados en sendos procesos de trabajo como Objeto de Trabajo.

A continuación se detalla la forma como se correlacionan esas categorías económicas con el registro fitolitológico. Como se verá existen varias categorías que se pueden solapar, ya que aluden a un mismo tipo de materiales. Tan sólo la contextualización de los resultados en el marco del resto de materiales arqueológicos, y de las asociaciones que entre éstos y los conjuntos fitolitológicos se den nos permitirá asignar un u otro valor a las muestras.

En primer lugar y en cursiva se especifica el tipo de selección presente y en segundo lugar las localizaciones posibles distintivas de estos restos y/o su asociación con otros tipos de materiales arqueológicos. La selección de especies debe entenderse *grasso modo*. La recolección de gramíneas para el acondicionamiento como lugar de habitación de una cueva por ejemplo supone una selección muy grosera, ya que no se corresponde necesariamente con una especie concreta, mientras lo recolectado cumpla los requisitos que consideramos necesarios para llegar al fin perseguido.

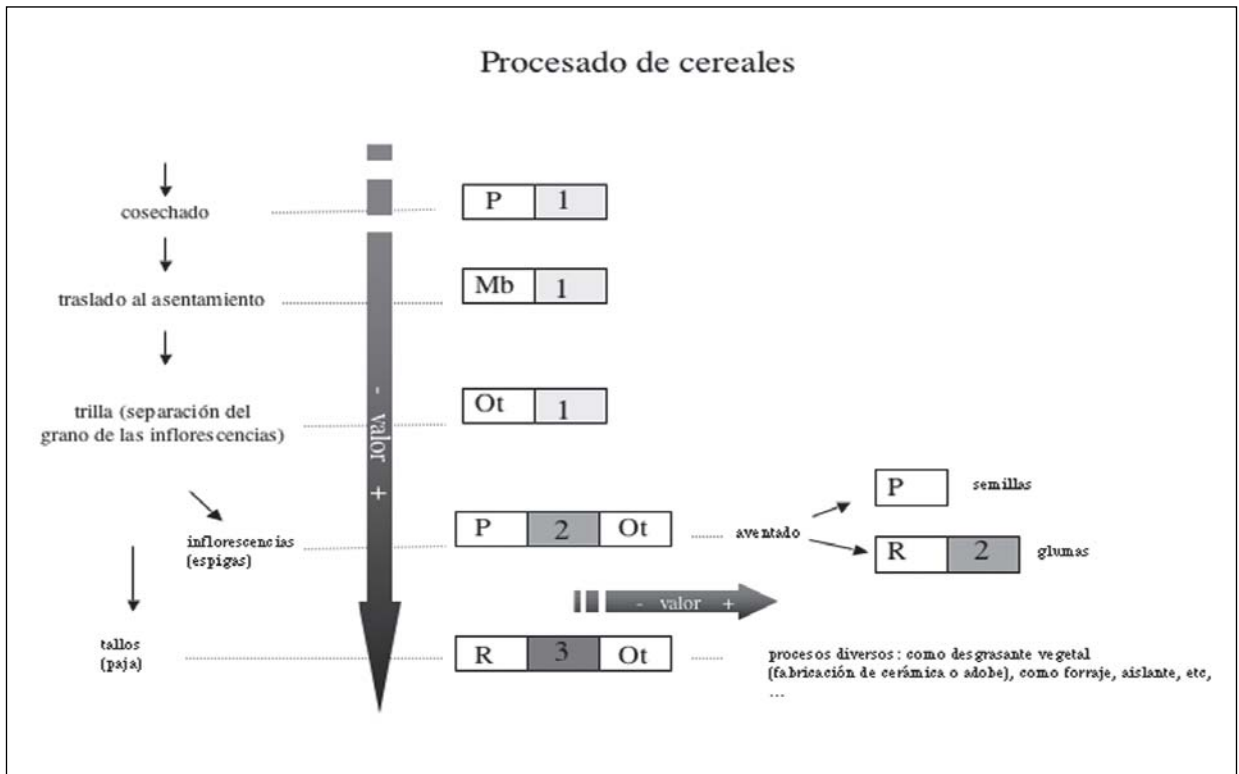


Fig. 4. Esquema de procesado de cereales.

MB - Materia bruta

- selección de especies
- en algunos casos, selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)

MP - Materia prima

- selección de especies
- selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)
 - como residuos en instrumentos de molienda o líticos tallados
 - como contenidos en estrías dentarias (como objeto de trabajo en el caso de trabajar fibras mediante el masticado, etc.).

Ot - Objeto de trabajo

- selección de especies
- selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)
 - en instrumentos, como residuo
 - como contenidos en estrías dentarias (como objeto de trabajo en el caso de trabajar fibras mediante el masticado, etc.).

P - Producto/Valor de uso

- selección de especies
- selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)
 - como residuos en contenedores (cerámicos, silos, etc.)
 - como residuos en instrumentos macrolíticos o líticos tallados

P - Producto (de carácter exclusiva e inequívocamente alimenticio) (9)

- selección de especies
- selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)
 - coprolitos/contenidos estomacales
 - contenidos en estrías dentarias

It

- selección de especies
- selección de tejidos (con o sin selección taxonómica)
 - como residuo en un producto

Para quienes no estén familiarizados con el lenguaje marxista, las diferencias entre Mp, Mb y Ot

(9) Evidentemente, entre los productos destinados al consumo "biológico", pueden darse algunos cuya finalidad no sea estrictamente alimenticia, como estimulantes, medicinales, etc.

pueden llevar a confusión. Dado el carácter dialéctico de las categorías, es importante tener siempre presente que éstas son relacionales, y que ese Ot lo es en relación al Instrumento, y necesariamente es al mismo tiempo o Mb o Mp.

Aunque no ha sido especificado, todas las categorías pueden estar presentes en cualquier lugar del asentamiento, y por ello serán precisamente los otros elementos (los otros materiales arqueológicos y las relaciones entre unos y otros, las presencias significativas en coprolitos, en contenedores, de forma asociada a instrumentos a contenedores, etc.) los que han de servir como referentes en la identificación (como ya se ha dicho, la categorización es siempre "en relación a").

La detección de un mismo material en diferentes estadios dentro de uno o varios procesos de modificación nos puede permitir no sólo detectar ese o esos procesos de trabajo y también ese objeto trabajado, sino también confirmar la realización de todos esos trabajos en una misma localización. Esta posibilidad es especialmente relevante en el caso del procesado de cereales.

Teniendo presente que los ejemplos presentados no conforman una lista exhaustiva, a continuación se especifican aquellos elementos que no aparecen reiterados y que por tanto pueden tener un carácter más diagnóstico:

- residuos en instrumentos de molienda o lítico tallado: **Mp, Ot**
- contenidos en estrías dentarias: **Ot, P**
- coprolitos/contenidos estomacales: **P**
- residuo en contenedores (cerámicos, silos, etc.): **P**
- en instrumentos, como residuo en la zona de enmangamiento: **Maux.**
- en la pasta cerámica, como desgrasante: **Maux.**
- residuo en un producto: **I**

Existen situaciones en las que la diferenciación de los materiales según las categorías económicas puede no ser posible (como por ejemplo si se da el caso de una recolección no selectiva), pero esta propuesta puede servir como marco de actuación a partir del cual realizar los ajustes necesarios. Puede resultar muy útil, por ejemplo, para la identificación de los diferentes estadios de procesado de los cereales.

Aunque esta propuesta se presente explícitamente como materialista, existen precedentes que

proponen un reconocimiento de las diferentes etapas del procesado de cereales en base al conjunto de residuos o subproductos que se generan en cada una de ellas. El reconocido trabajo de Hillman (1981; 1984 cit. en Buxó 1997) sobre la identificación del trabajo de cereales en base a la determinación carpológica se basa en la delimitación de cuáles son las diferentes partes de los cereales presentes en cada una de las etapas de su procesado. Recientemente se ha publicado un trabajo similar desde el análisis de fitolitos (Harvey y Fuller 2005).

7. CONCLUSIONES

Este artículo tan sólo ha pretendido ofrecer una aproximación a las posibilidades del análisis de fitolitos en arqueología junto con el estado actual de la investigación y una presentación de las bases teóricas de parte de la metodología en que estoy trabajando.

En la presente propuesta de trabajo se han establecido las bases para el análisis de fitolitos en contextos arqueológicos desde una perspectiva materialista. Posteriormente estas líneas metodológicas esbozadas deberán ser completamente desarrolladas y lo que es más importante, ensayadas en materiales arqueológicos para comprobar la efectividad del método propuesto.

Haciendo referencia a las aplicaciones antracológicas, paleocarpológicas y palinológicas en arqueología, hace ya más de una década, se comentaba la necesidad de explicitar el carácter de las informaciones obtenidas en base a estos métodos “*Si bien la aplicación de estas disciplinas tiene ya una larga tradición, todavía candente el debate sobre qué nos documenta realmente cada tipo de muestra (...) el sistema mismo del muestreo y el tratamiento que hay que dar a esos datos*” (Vila y Estévez 1989: 276).

A pesar de los grandes avances realizados y de que la bibliografía arqueobotánica sea cada vez más abundante, la situación actual no dista mucho de la de finales de la década de los 80 en el sentido que escasean los artículos en los que se abordan problemas metodológicos y sobretudo teóricos (Hastorf y Popper 1988).

En general en arqueobotánica los problemas relacionados con la identificación de taxones se han visto tradicionalmente magnificados, cuando en realidad existen otras problemáticas, de más peso por ser mucho más elementales, que no son tan fre-

cuentemente tenidas presentes, como problemas de muestreo, contaminaciones, la dificultad que comporta en ocasiones la determinación del carácter antrópico o natural de los conjuntos arqueobotánicos, la elección del método de cuantificación de los resultados, etc. (Ford 1988; Popper 1988).

Todos ellos son problemas que atañen a la base misma de estas técnicas. Pero la consideración de estos problemas como pertenecientes de forma exclusiva a ellas no es totalmente correcta ni tampoco que su resolución deba plantearse exclusivamente desde las técnicas arqueobotánicas. El alejamiento de la arqueología de la responsabilidad que el análisis de restos vegetales en contextos arqueológicos supone (dada su naturaleza básicamente botánica) es probablemente una de las peores consecuencias que ha comportado la especialización dentro de nuestra disciplina.

Es necesario un amplio desarrollo metodológico que nos informe del significado arqueológico de los resultados que obtenemos en base al análisis de las muestras. Afortunadamente, cada vez son más frecuentes las investigaciones que plantean de forma combinada el uso de varias técnicas, en ocasiones incluso con metodologías comunes (por ejemplo Coil *et al.* 2003; Horrocks 2005; Huang y Zhang 2000; Kealhofer *et al.* 1999).

Como conclusión, tan sólo cabe insistir en que ésta es una técnica de gran potencial para la arqueología, pero es imprescindible abordar la forma de aplicarla e interpretar los resultados: desde la recogida de muestras hasta la determinación de la significación de las informaciones obtenidas. Para ello, y tal y como se viene repitiendo, es imprescindible el desarrollo de una metodología específicamente diseñada para esta aplicación.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece enormemente a los revisores los valiosos comentarios realizados sobre el manuscrito, así como las aportaciones de A. Vila, M. Madella y F. Moreno.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT, R. M. 1995: “Nuevo sistema de análisis descriptivo para fitolitos de sílice”. *Pyrenae* 26: 19-38.
- ALBERT, R. M. y WEINER, S. 2001: “Study of phytoliths in prehistoric ash layers from Kebara and Tabun caves using a quantitative approach”. En J. D. Meunier y F.

- Colin (eds.): *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*: 251-266. Ed. Balkema, Lisse.
- ALBERT, R. M.; WEINER, S.; BAR-YOSEF, O. y MEIGNEN, L. 2000: "Phytoliths in the Middle Palaeolithic Deposits of Kebara Cave, Mt Carmel, Israel: Study of the Plant Materials used for Fuel and Other Purposes". *Journal of Archaeological Science* 27: 931-947.
- ALBERT, R.M.; LAVI, O.; ESTROFF, L.; WEINER, S.; TSATSKIN, A.; ROSEN, A. y LEV-YADUN, S. 1999: "Mode of occupation of Tabun Cave (Mt. Carmel, Israel) during the Mousterian period: a study of the sediments and phytoliths". *Journal of Archaeological Science* 26: 1249-1260.
- ALBERT, R.M.; BAR-YOSEF, O.; MEIGNEN, L. y WEINER, S. 2003: "Quantitative Phytolith Study of Hearths from the Natufian and Middle Palaeolithic Levels of Hayonim Cave (Galilee, Israel)". *Journal of Archaeological Science* 30: 461-480.
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; COLIN, F. y KOUD, J. M. 1997: "Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61(3): 677-682.
- BALL, T. B.; BROTHERSON, J. D. y GARDNER, J. S. 1993: "A typologic and morphometric study of variation in phytoliths from einkorn wheat (*Triticum monococcum*)". *Canadian Journal of Botany* 71: 1182-1192.
- BALL, T.; GARDNER, J. S. y BROTHERSON, J. D. 1996: "Identifying phytoliths produced by the inflorescence bracts of three species of wheat (*Triticum monococcum* L., *T. dicoccon* Schrank. and *T. aestivum* L.) using computer assisted image and statistical analyses". *Journal of Archaeological Science* 23: 619-632.
- BALL, T.; GARDNER, J. S. y ANDERSON, N. 1999: "Identifying inflorescence phytoliths from selected species of wheat (*Triticum monococcum* L., *T. dicoccon*, *T. dicocoides*, and *T. aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum*,) (gramineae)". *American Journal of Botany* 86(11): 1615-1623.
- BARBONI, D.; BONNEFILLE, R.; ALEXANDRE, A. y MEUNIER, J. D. 1999: "Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 152(1): 87-100 (14).
- BARCELÓ, J.A.; BRIZ, I.; CLEMENTE, I.; ESTÉVEZ, J.; MAMELI, L.; MAXIMIANO, A.; MORENO, F.; PIJOAN, J.; PIQUÉ, R.; TERRADAS, X.; TOSELLI, A.; VERDÚN, E.; VILA, A. y ZURRO, D. 2006: "Análisis etnoarqueológico del valor social del producto en sociedades cazadoras-recolectoras". En Briz, I.; Clemente, I.; Terradas, X.; Toselli, A.; Vila, A. y Zurro, D. (eds.): *Etnoarqueología de la prehistoria: más allá de la analogía*. Colección Treballs d'Etnoarqueologia 6: 189-207. Madrid.
- BATE, L. 1998: *El proceso de investigación en arqueología*. Ed. Crítica. Barcelona.
- BENNETT, D. M. 1982: "Silicon deposition in the roots of *Hordeum sativum* Jess, *Avena sativa* L. and *Triticum aestivum* L.". *Annals of Botany* 50: 239-245.
- BENNETT, D. M. y PARRY, D. W. 1980: "Electron-probe microanalysis studies of silicon in the elongating basal internodes of *Avena sativa* (L.), *Hordeum sativum* (Jess.) and *Triticum aestivum* (L.)". *Annals of Botany* 45: 541-547.
- BERLIN, A. M.; BALL, T.; THOMPSON R. y HERBERT S. C. 2003: "Ptolemaic Agriculture, "Syrian Wheat", and *Triticum aestivum*". *Journal of Archaeological Science* 30(1): 115-121.
- BOBROVA E. y BOBROV A. 1997: Phytoliths in soils: species composition, distribution along a soil profile, and value as environmental indicators. En A. Pinilla, J. Juan-Tresserras y J. M. Machado (eds.): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*: 5-14. Monografía nº4. Centro de Ciencias Medioambientales-CSIC. Madrid.
- BORRELLI, N. y OSTERRIETH, M. 2001: "Sílice amorfo de origen orgánico e inorgánico en suelos de agroecosistemas y campos naturales de Laguna de los Padres, Buenos Aires. Evaluación preliminar". *Natura Neotropicalis* 32(1): 27-32.
- BOWDERY, D. 1998: *Phytolith analysis applied to pleistocene holocene archaeological sites in the Australian arid zone*. BAR International Series 695. Archaeopress, Oxford.
- BOZARTH, S. 1987: "Diagnostic opal phytoliths from rinds of selected *Cucurbita* species". *American Antiquity* 52(3): 607-6165.
- 1990: "Diagnostic opal phytoliths from pods of selected varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*)". *American Antiquity* 55(1): 98-104.
- 1992: "Classification of opal phytoliths formed in selected dicotyledons native to the Great Plains". En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues*. *Advances in archaeological and museum science* I: 193-214. Plenum Press, New York.
- BRIZ, I.; CLEMENTE, I.; PIJOAN, J.; TERRADAS, X. y VILA, A. 2002: "Contextos etnoarqueològics i l'Estudi de Conjunts Lítics". *Cota Zero. Revista de Ciència i Arqueologia* 17: 12-20.
- BUCKLER, E. S.; PEARSALL, D. y HOLTSFORD, T. P. 1994: "Zinc iodide and centrifugation allow rapid, inexpensive phytolith separation". *The Phytolitharien newsletter* 8(3): 2-3.
- BUSH, M.; PIPERNO, D.; COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P.; KRISSEK, L.; MILLER, M. y ROWE, W. 1992: "A 14.300-Yr paleoecological profile of a lowland tropical lake in Panama". *Ecological Monographs* 62: 251-275.
- BUXÓ, R. 1997: *Arqueología de las plantas*. Ed. Crítica, Barcelona.
- CARNELLI, A.; MADELLA, M. y THEURILLAT, J. P. 2001: "Biogenic silica production in selected alpine

- plant species and plant communities". *Annals of Botany* 87: 425-434.
- CARNELLI, A.; MADELLA, M.; THEURILLAT, J. P. y AMMANN, B. 2002: "Aluminium in the opal silica reticule of phytoliths: a new tool in palaeoecological studies". *American Journal of Botany* 89(2): 346-351.
- COIL, J.; KORSTANJE, M. A.; ARCHER, S. y HASTORF, C. A. 2003: "Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology". *Journal of Archaeological Science* 30(8): 991-1008.
- EPSTEIN, E. 1994: "The anomaly of silicon in plant biology". *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 91: 11-17.
- FINLEY, D.S. 1999: "Patterns of calcium oxalate crystals in young tropical leaves: a possible role in antiherbivory defense". *Revista de Biología Tropical* 47(1). (on-line).
- FISHER, R. F.; NEWELL BOURN, C. y FISHER, W. R. 1995: "Opal phytoliths as an indicator of the floristics of prehistoric grasslands". *Geoderma* 68 (4): 243-255.
- FLORES, J. A.; BARCENA, M. A. y SIERRA, F. J. 2000: "Ocean-surface and wind dynamics in the Atlantic Ocean of Northwest Africa during the last 140.000 years". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 161(3): 459-478.
- FOLGER, D. W.; BURCKLE, L. H. y HEEZEN, B. C. 1967: "Opal phytoliths in a North Atlantic dust fall". *Science (New Series)* 155 (3767): 1243-1244.
- FORD, R. I. 1988: "Commentary: little things mean a lot-quantification and qualification in paleoethnobotany". En Ch. A. Hastorf y V. S. Popper (eds.): *Current paleoethnobotany. Analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*: 215-222. Prehistoric Archeology and Ecology Series. University of Chicago Press.
- FREDLUND, G. y TIESZEN, L. 1997: "Calibrating grass phytolith assemblages in climatic terms: application to late Pleistocene assemblages from Kansas and Nebraska". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136: 199-211.
- GALVAN, V.; JUAN, J.; PINILLA, A. y GONÇALVES, A. H. 1995: "Nuevas aportaciones arqueobotánicas al conocimiento del paisaje megalítico en el NO peninsular. Estudios de fitolitos de la Mamoa das Madorras. (San Lorenzo de Ribapinhao, Sabrosa, Portugal)". Primer congreso de Arqueología Peninsular. *Actas dos Trabalhos de Antropologia e Etnologia* 35 (2): 433-445. Porto.
- GRAVE, P. y KEALHOFER, L. 1999: "Assessing bioturbation in archaeological sediments using soil morphology and phytolith analysis". *Journal of Archaeological Science* 26: 1239-1248.
- HATHER, J. 1993: *An archaeological guide to root and tuber identification. Vol. I: Europe and Southwest Asia*. Oxbow Monograph n°28. Ed. The Short Run Press, UK.
- HART, D. M. 1997: "Phytoliths and fire in the Sydney Basin, New South Wales (Australia)". En A. Pinilla, J. Juan-Tresserras y M. Machado (eds.): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*: 101-110. Monografía n°4. Centro de Ciencias Medioambientales-CSIC. Madrid.
- HART, D. M. y HUMPHREYS, G. S. 1997: "The mobility of phytolith in soils; pedological considerations". En A. Pinilla, J. Juan-Tresserras y M. Machado (eds.): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*: 93-100. Monografía n°4. Centro de Ciencias Medioambientales-CSIC. Madrid.
- HARVEY, E. L. y FULLER, D. Q. 2005: "Investigating crop processing using phytolith analysis: the example of rice and millets". *Journal of Archaeological Science* 32(5): 739-752.
- HASTORF, C. H. A. y POPPER, V. S. (eds.) 1988: *Current paleoethnobotany. Analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. Prehistoric Archeology and Ecology Series. University of Chicago Press.
- HODSON M.J. SANGSTER A.G. y PARRY D.W. 1982: "Silicon deposition in the inflorescence bristles and macrohairs of *Setaria Italica (L.) Beauv*". *Annals of Botany* 50: 843-850.
- 1985: "An ultrastructural study on the developmental phases and silicification of the glumes of *Phalaris canariensis L.*" *Annals of Botany* 55: 649-665.
- HORROCKS, M. 2005: "A combined procedure for recovering phytoliths and starch residues from soils, sedimentary deposits and similar materials". *Journal of Archaeological Science* 32(8): 1169-1175.
- HUANG, F. y ZHANG, M. 2000: "Pollen and phytolith evidence for rice cultivation during the Neolithic at Longqiuzhuang, eastern Jianghuai, China". *Vegetation History and Archaeobotany* 9(3): 161-168.
- JONES, R. L.; HAY, W. W. y BEAVERS, A. H. 1963: "Microfossils in Wisconsinan Loess and Till from Western Illinois and Eastern Iowa". *Science (New Series)* 140(3572): 1222-1224.
- KEALHOFER, L.; TORRENCE, R. y FULLAGAR, R. 1999: "Integrating phytoliths within use-wear/residue studies of stone tools". *Journal of Archaeological Science* 26: 527-546.
- KELSO, G. K. 1994: "Pollen percolation rates in Euroamerican-era cultural deposits in the northeastern United States". *Journal of Archaeological Science* 21: 481-488.
- KUBIAK-MARTENS, L. 1996: "Evidence for possible use of plant foods in Palaeolithic and Mesolithic diet from the site of Calowanie in the central part of the Polish plain". *Vegetation History and Archaeobotany* 5:33-38.
- 2002: "New evidence for the use of root foods in preagrarian subsistence recovered from the late Mesolithic site at Halsskov, Denmark". *Vegetation History and Archaeobotany* 11: 23-31.

- LENTFER C.J. y BOYD W.E. 1998: "A comparison of three methods for the extraction of phytoliths from sediments". *Journal of Archaeological Science* 25(12): 1159-1183.
- 1999: "An assessment of techniques for the deflocculation and removal of clays from sediments used in phytolith analysis". *Journal of Archaeological Science* 26: 31-44.
- 2000: "Simultaneous extraction of phytoliths, pollen and spores from sediments". *Journal of Archaeological Science* 27: 363-372.
- LULL, V. 1988: "Hacia una teoría de la representación en arqueología". *Revista de Occidente* 81: 62-76.
- MADELLA, M. y POWER-JONES, A. 1998: "Phytoliths from Tagliente Shelter: a discussion on deposition and taphonomy". En C. Arias, A. Bietti, L. Castelletti y C. Peretto (eds.): *Proceedings of the XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences*, 1: 8-14. Abaco, Forlì.
- MADELLA M., POWER-JONES A. y JONES M. 1998: "A simple method of extraction of opal phytoliths from sediments using a non-toxic heavy liquid". *Journal of Archaeological Science* 25: 801-803.
- MADELLA M. JONES M.K. GOLDBERG P. GOREN Y. y HOVER E. 2002: "The exploitation of plant resources by neandertals in Amud cave (Israel): the evidence from phytolith studies". *Journal of Archaeological Science* 29: 703-719.
- MARX K. 1867: *El capital (vol.I). Crítica de la economía política*. Fondo de cultura económica. México D.F., 1994. 23ed..
- MBIDA MINDZIE, C.; DOUTRELEPONT, H.; VRY-DAGHS L., SWENNEN R.L., SWENNEN, R. J.; BEECKMAN, H.; DE LANGHE, E. and DE MARET, P. 2001: "First archaeological evidence of banana cultivation in central Africa during the third millennium before present". *Vegetation History and Archaeobotany* 10(1): 1-6.
- McNAUGHTON, S. J. y TARRANTS, J. L. 1983: "Grass leaf silicification: natural selection for an inducible defense against herbivores". *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 80(3)[Part 1: Biological Sciences]: 790-791.
- McNAUGHTON, S.; TARRANTS, J.; McNAUGHTON, M. M. y DAVIS, R. D. 1985: "Silica as a defense against herbivory and a growth promoter in African grasses". *Ecology* 66(2): 528-535.
- MILLER-ROSEN, A. 1992: "Preliminary identification of silica skeletons from near Eastern archaeological sites: an anatomical approach". En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues. Advances in archaeological and museum science*, 1: 129-147. Plenum Press, New York.
- MILLER-ROSEN, A. y WEINER, S. 1994: "Identifying ancient irrigation: a new method using opaline phytoliths from Emmer Wheat". *Journal of Archaeological Science* 21(1): 125-132.
- MORIKAWA, C. K. y SAIGUSA, M. 2004: "Mineral composition and accumulation of silicon in tissues of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. *Bluecrop*) cuttings". *Plant and Soil* 258(1): 1-8.
- MULHOLLAND, S. 1989: "Phytolith shape frequencies in North America grasses: a comparison to general patterns". *Journal of Archaeological Science* 16: 489-511.
- MULHOLLAND, S. y RAPP, Jr. 1992: "A morphological classification of grass silica bodies." En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues. Advances in archaeological and museum science* 1: 65-89. Plenum Press, New York.
- MULHOLLAND, S.; RAPP, Jr.; OLLENDORF, A. y REGAL, R. 1990: "Variation in phytolith assemblages within a population of corn (cv. *Mandan yellow flour*)". *Canadian Journal of Botany* 68: 1638-1645.
- OLLENDORF, A. 1992: "Toward a classification scheme of sedge (*Cyperaceae*) phytoliths". En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues. Advances in archaeological and museum science* 1: 91-111. Plenum Press, New York.
- OSTERRIETH, M.; OYARBIDE, F. y BORDAS, V. 2000: "Biominales de oxalato de calcio en suelos de Laguna de los Padres, Buenos Aires, Argentina". *Ciencia del Suelo* 18(1) 309-310.
- OYARBIDE, F.; OSTERRIETH, M. y CABELLO, M. 2001: "*Trichoderma koningii* as a biomineralizing fungous agent of calcium oxalate crystals in typical Argiudolls of the Los Padres Lake natural reserve (Buenos Aires, Argentina)". *Microbiological Research* 156: 113-119.
- PARMENTER, C. y FOLGER, D. W. 1974: "Eolian biogenic detritus in deep sea sediments: a possible index of equatorial ice age aridity". *Science (New Series)* 185 (4152): 695-698.
- PARR, J. F.; LENTFER, C. J. y BOYD, W. E. 2001: "A comparative analysis of wet and dry ashing techniques for the extraction of phytoliths from plant material". *Journal of Archaeological Science* 28: 875-886.
- PARRY, D. W.; HODSON, M. J., SANGSTER, A. G. 1984: "Some recent advances in the study of silicon in higher plants". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London «B»* 304: 537-549.
- PEARSALL, D. 1988: "Interpreting the meaning of macroremain abundance: the impact of source and context". En Ch. A. Hastorf y V. S. Popper (eds.): *Current paleoethnobotany. Analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*: 97-118. Prehistoric Archeology and Ecology Series. University of Chicago Press.
- 1989: *Paleoethnobotany: a handbook of procedures*. 2nd.Ed. (2000) Academic Press. San Diego.
- PEARSALL, D. y DINAN, E. H. 1992: "Developing a phytolith classification system". En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues*.

- Advances in archaeological and museum science*, 1: 37-64. Plenum Press, New York.
- PEARSALL, D. M. y TRIMBLE, M. K. 1984: "Identifying past agricultural activity through soil phytolith analysis: a case study from the Hawaiian islands". *Journal of Archaeological Science* 11(2), 119-133.
- PINILLA, A.; PALOMAR, M. L.; ALEIXANDRE, T. y MARTIN, A. 1997: "Calcium oxalate crystals and their relationship with pedological calcium in Madrid region soils". En A. Pinilla, J. Juan-Tresserras y J. M. Machado (eds.): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*: 59-70. Centro de Ciencias Medioambientales. Monografía 4. CSIC. Madrid.
- PIPERNO, D. R. 1984: "A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria". *American Antiquity* 49: 361-383.
- 1988: *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. Academic Press Inc., California.
- 1989: "The occurrence of phytoliths in the reproductive structures of selected tropical angiosperms and their significance in tropical paleoecology, paleoethnobotany and systematics". *Review of Paleobotany and Palynology* 61: 147-173.
- PIPERNO, D. y BECKER, P. 1996: "Vegetational history of a site in the central Amazon Basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils". *Quaternary research* 45:202-209.
- PIPERNO, D.; ANDRES, T. C. y STOTHERT, K. E. 2000: "Phytolith in *Cucurbita* and other Neotropical *Cucurbitaceae* and their occurrence in Early Archaeological sites from the lowland american tropics". *Journal of Archaeological Science*, 27:193-208.
- PIQUÉ, R. 1999: *Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica*. Treballs d' Etnoarqueologia 3. UAB-CSIC. Madrid.
- POPPER, V. S. 1988: "Selecting quantitative measurements in paleoethnobotany". En Ch. A. Hastorf y V. S. Popper (eds.): *Current paleoethnobotany. Analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*: 53-72. Prehistoric Archeology and Ecology Series. University of Chicago Press.
- POWER-JONES, A. 1992: "Great expectations: a short historical review of European phytolith systematics". En G. Rapp y S. Mulholland (eds.): *Phytolith systematics: emerging issues. Advances in archaeological and museum science* 1: 15-35. Plenum Press, New York.
- RISCH, R. 1995: *Recursos naturales y sistemas de producción en el Sudoeste de la Península Ibérica entre 3000 y 1000 antes de nuestra era*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- RUIZ DEL OLMO, G. y BRIZ, I. 1998: "Re-pensando la Re-producción". *Boletín de Antropología Americana* 33: 79-90.
- TERRADAS, X.; VILA, A.; CLEMENTE, I.; MANSUR, M. E. 1999: "Ethno-neglect or the contradiction between ethnohistorical sources and the archaeological record. The case of stone tools of the Yamana people (Tierra del Fuego, Argentina)". En L. Owen y M. Porr (eds.): *Urgeschichtliche Materialhefte Series* 14: 103-115.
- THERIN, M. 1998: "The movement of starch grains in sediments". En R. Fullagar (ed.): *A closer look: recent studies of stone tools*: 61-72. Sydney University Archaeological Method Series, Sydney.
- TILLMAN-SUTELA, E. y KAUPPI, A. 1999: "Calcium oxalate crystal in the mature seeds of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst". *Trees* 13: 131-137.
- TROMBOLD, C. D. y ISRADE-ALCANTARA, I. 2005: "Paleoenvironment and plant cultivation on terraces at La Quemada, Zacatecas, Mexico: the pollen, phytolith and diatom evidence". *Journal of Archaeological Science* 32(3): 341-353.
- TUBB, H. J.; HODSON, M. J. y HODSON, G. C. 1993: "The inflorescence Papillae of the *Triticeae*: a new tool for taxonomic and archaeological research". *Annals of botany* 72: 537-545.
- VILA, A. y ESTÉVEZ, J. 1989: "“Sola ante el peligro” la arqueología ante las ciencias auxiliares". *Archivo español de arqueología* 62: 272-278.
- ZHAO, Z. y PIPERNO, D. R. 2000: "Late pleistocene/holocene environments in the middle Yangtze Valley, China and rice (*Oryza sativa* L.) domestication: the phytolith evidence". *Geoarchaeology* 15(2): 203-222.
- ZUCOL, A. 1992: "Microfitolitos I: antecedentes y terminología". *Ameghiniana* 29(4): 353-362.
- 1995: "Microfitolitos II: análisis de las clasificaciones". *Ameghiniana* 32 (3): 243-248.
- 1996: "Microfitolitos de las *Poaceae* argentinas: I. Microfitolitos foliares de algunas especies del género *Stipa* (*Stipeae: Arundinoideae*) de la prov. de Entre Ríos". *Darwiniana* 34(1-4): 151-172.