

# Los macrorrestos arqueobotánicos: Técnicas de estudio e importancia en el análisis estratigráfico

Lydia Zapata\*

## 1. Introducción

Las plantas han sido utilizadas durante la prehistoria con una gran variedad de fines: han proporcionado alimento, combustible y materia prima. Algunas de las principales transformaciones de la Historia de la humanidad se vinculan a cambios en la explotación de los recursos vegetales. Sin embargo, en el registro arqueológico, los restos vegetales se encuentran entre los materiales más frágiles y no siempre sobreviven de forma visible por lo que la imagen que tenemos acerca de su uso es claramente incompleta.

Gracias al uso de técnicas de flotación y cribado, la recuperación de los restos vegetales en las excavaciones ha mejorado sensiblemente. Sin embargo, las condiciones de conservación así como la existencia o ausencia de especialistas hacen que en diferentes países nos encontremos con un mayor o menor volumen de análisis arqueobotánicos. En la Península Ibérica, por la influencia de la escuela francesa de Montpellier donde se han formado gran parte de las especialistas en antracología, existe ya un importante volumen de estudios de carbón vegetal arqueológico. En cambio, el resto de los materiales recibe un tratamiento desigual por falta de muestreos o investigadores. Alemania, Suiza o Reino Unido desarrollan una arqueobotánica integral, que atiende por igual a los diferentes tipos de restos recuperados en una excavación. Esto se debe a un doble fenómeno: por un lado

---

\*Depto. Geografía, Prehistoria y Arqueología. UPV/EHU. Apdo. 2111. 01006 Vitoria-Gasteiz. E-mail: l.zapata@euskalnet.net

la excelente conservación que presentan muchos de sus yacimientos en medios inundados, desecados o incluso congelados pero fundamentalmente es resultado de la colaboración en el medio universitario de especialistas procedentes de la arqueología y de la botánica. Esto ha generado alumnos y profesionales con formaciones mixtas, algo que a muy duras penas sucede en los países mediterráneos.

En este trabajo partiremos de algunos conceptos básicos en la arqueobotánica de macrorrestos -definición de tipos de material, problemas tafonómicos, sistemas de recuperación-, continuaremos con un caso práctico y discutiremos brevemente algunas de las posibles aplicaciones del estudio de restos botánicos al análisis estratigráfico.

## **2. Los macrorrestos vegetales: tafonomía, recuperación y análisis**

### **Tipos de restos**

Los «macrorrestos vegetales» son los elementos botánicos superiores a c 0.25 mm, aquellos que se pueden observar a simple vista aunque haya que utilizar microscopía de diferentes tipos para su identificación. Los restos más habituales en los yacimientos arqueológicos suelen ser: a) semillas y frutos de plantas silvestres y cultivadas, b) madera, c) raíces, tubérculos y materiales vegetativos, d) fibras, hojas y tallos no leñosos. A diferencia de los microrrestos vegetales como el polen, estos materiales suelen ser subproductos directos de la actividad humana (restos de combustible o de la alimentación, elementos constructivos o de vestuario...) y no han llegado al yacimiento de forma natural. Por ello, la información que proporcionan es frecuentemente más cultural o paleoetnográfica que paleoambiental.

### **Tafonomía: los límites del estudio de los macrorrestos vegetales**

Aunque existen muchas definiciones para este término, en el estudio de macrorrestos vegetales, solemos entender por **tafonomía** el conjunto de factores que condicionan que un resto vegetal se preserve o no en un medio arqueológico. La forma en que un conjunto botánico llega hasta nosotros está determinada por un gran número de factores culturales

y naturales (Figura 1). Por otro lado, los restos vegetales que se depositan en un área determinada pueden verse afectados en diferente grado e incluso desaparecer en la fase postdeposicional según el tipo de sustrato y los agentes que actúen sobre ellos (de Moulins, 1997). **El modo de conservación** constituye el factor más determinante a la hora de permitir que unos materiales pervivan durante milenios mientras que otros se desintegran rápidamente. Así mismo, diferentes partes de la planta pueden sobrevivir de forma desigual ya que los tejidos vegetales presentan una longevidad diferencial antes de entrar en contacto con el medio que los va a conservar. Veamos algunas de estas condiciones excepcionales que permiten que por lo menos parte perdure durante miles de años:

**1. Desección y congelación:** Los medios que presentan condiciones extremas y estables, por ejemplo con temperaturas muy frías o muy cálidas y con una humedad estable, pueden preservar el material orgánico por congelación o por desecación (v. ejemplos extremos en el caso del cuerpo recuperado en los Alpes (Spindler, 1997), en algunos yacimientos egipcios (van der Veen, 1996) o, en la Península Ibérica, los cestos y otros elementos vegetales neolíticos de la cueva de los Murciélagos en Granada (Kuoni, 1981). Se trata de hallazgos poco frecuentes en Europa pero de un valor inestimable por la calidad de los restos y la información que proporcionan.

**2. Medios anaeróbicos** (Foto 1): Otra excelente medio de conservación son los ambientes húmedos en los que la inmersión de los restos en agua reduce la existencia de oxígeno y por lo tanto minimiza la acción destructora de los microorganismos. Son frecuentes en el caso de barcos hundidos, en las inmediaciones de ríos, lagos, capas inferiores de pozos y también en turberas. Además, en muchas ciudades medievales también se han recuperado bajo las casas, en basureros y letrinas, capas muy gruesas de material orgánico, resultado de la acumulación de basura, que tiende a excluir el oxígeno y conservar la humedad. Estos restos ofrecen información de primera mano acerca de la dieta de los habitantes de la ciudad y su análisis ha permitido incluso establecer diferencias sociales en base a la aparición de alimentos caros o exóticos en algunas casas (Paap, 1984). En el País Vasco, Herriko Barra (Altuna et al., 1990; Iriarte et al., e.p.) o el puerto romano de Irun (Gereñu et al., 1997; Peña-Chocarro y Zapata, 1996) constituyen ejemplos de este excelente tipo de conservación, desgraciadamente reducido a circunstancias poco habituales entre nosotros.

**3. La carbonización** (Foto 2): Se trata de la forma de conservación más habitual en los países de clima templado. La carbonización se produce cuando algún resto vegetal (por ejemplo, granos de cereal o madera) alcanza 200-400° C sin oxígeno suficiente como para quemarse por completo. En lugar de reducirse a cenizas, los componentes orgánicos de la planta se convierten en material rico en carbón resistente a la descomposición. La carbonización puede ser accidental (durante la preparación de los alimentos, por un incendio...) o intencionada (tostando frutos secos para mejorar su sabor, quemando espigas de cereales vestidos para eliminar las aristas...). Muchos restos se encuentran en el mismo lugar donde se quemaron, concentrados en hornos, hogares o en sus inmediaciones o dispersos en niveles de ocupación. También se hallan distribuidos por todo el yacimiento de forma imperceptible.

**4. Impresiones:** En elementos de cerámica, adobe y ladrillos se pueden recuperar improntas de restos vegetales que en ocasiones pueden ser identificados (Cubero, 1996). La información que proporcionan suele ser anecdótica y necesita apoyarse en otros datos arqueobotánicos.

**5. La mineralización:** Algunos tejidos vegetales pueden verse sustituidos por materia mineral que conserva la morfología original y son por lo tanto identificables (Green, 1979).



Foto 1

Foto 2

*Foto 1.- Pericarpio de avellana de época romana de Irun (Gipuzkoa), conservado en un medio húmedo anaeróbico.*

*Foto 2.- Semillas de trigo de la Edad de Bronce (Arenaza, Bizkaia), conservadas por carbonización*

El hecho de que la carbonización sea casi la única forma de recuperación de restos botánicos en muchos yacimientos europeos introduce un gran número de sesgos que debemos tener muy presentes a la hora de interpretar nuestros datos. Cualquier animal cazado y consumido en un yacimiento va a generar unos desechos óseos que frecuentemente se conservan en buen estado, al igual que los que proceden de procesos no antrópicos. La alimentación animal genera un gran número de residuos de gran visibilidad arqueológica. Sin embargo, en el caso de las plantas, la conservación por carbonización únicamente permite preservar el material que ha entrado en contacto con el fuego. Por ello, la diversidad y frecuencia de los restos carbonizados suele ser más alta en yacimientos de habitación, junto a los hogares. La exposición al fuego puede condicionar qué restos se conservan ya que parece probable que exista una destrucción diferencial de los restos más frágiles o que determinadas semillas respondan de forma diferente según su tamaño, forma o composición química (Wilson, 1984). Así mismo, los hábitos culturales de procesado de los alimentos introducen otros sesgos: el cereal consumido tostado al fuego tiene más posibilidades de carbonizarse y conservarse que el que se consume tras haber sido hervido en agua. Entre los frutos y semillas, los tipos que con más frecuencia sobreviven arqueológicamente son aquellos que necesitan ser tostados o asados para hacerlos más digeribles, desintoxicarlos o ser molidos. Los alimentos ingeridos en crudo o hervidos tienen muy pocas posibilidades de entrar en contacto con el fuego; en muchos casos, sus semillas ni tan siquiera se han consumido ya que existe una gran variedad de plantas en las que la parte más frecuentemente consumida son las hojas (Hillman, 1981; Hillman, 1989). Los análisis arqueobotánicos pueden ofrecer por lo tanto importante documentación acerca de las especies recolectadas o cultivadas por sus semillas o frutos, pero nos dirán muy poco acerca del uso de verduras o plantas medicinales (Zohary y Hopf, 1988). Se trata de alimentos invisibles arqueológicamente con las técnicas tradicionales. En la actualidad se están desarrollando nuevas técnicas de identificación de residuos microscópicos que permiten abordar este tema desde otras perspectivas quizá más prometedoras (Cortella y Pochettino, 1994; Evershed *et al.*, 1999; Fankhauser, 1994; Fullagar *et al.*, 1992; Jones, 1999; Loy *et al.*, 1992).

Si ignoramos estas cuestiones tafonómicas, podemos caer en interpretaciones simplistas que únicamente consideran el número de restos como indicador del uso de un recurso o materia determinado. Un debate todavía abierto y muy activo, por ejemplo, es el de la importancia -en términos de calorías, más que simbólica- de la agricultura neolítica en la fachada atlántica europea. Basándose en la escasez de restos de cereal frente a la abundancia de restos silvestres y cazados -cáscaras de avellana, restos de fauna...- un gran número de autores, con mayor vigor recientemente los postprocesualistas (Fairbairn, 2000; Hastorf, 1998; Hayden, 1996; Whittle, 2000), defienden la escasa importancia de la primera agricultura neolítica atlántica, tanto frente a los alimentos cazados y recolectados como frente a la ganadería. Esta interpretación ha sido contestada por varios arqueobotánicos que argumentan, entre otras cuestiones arqueológicas y tafonómicas, que la visibilidad arqueológica de los cereales es menor que la de los restos arqueozoológicos y que la de algunos alimentos silvestres como las avellanas (Jones, 2000; Monk, 2000).

### **Muestreo y técnicas de recuperación de los macrorrestos vegetales**

La estrategia de muestreo y la cuantificación son temas clave de la bioarqueología que han recibido mucha atención en la bibliografía ya que plantean la representatividad de las muestras analizadas (Buxó, 1997; Jones, 1991; van der Veen, 1982; van der Veen, 1984; van der Veen, 1992). El objetivo último de un buen muestreo debería ser conseguir que se procesaran y estudiaran un número de muestras representativo de la totalidad del yacimiento o contexto excavado. Existen múltiples aproximaciones a este problema: desde el procesado de la totalidad del sedimento excavado -generalmente en el marco de un tratamiento con cribado o flotación con agua- hasta la toma de pequeñas muestras puntuales (dirigidas, aleatorias, etc.). La estrategia de muestreo y la recuperación de restos vegetales exige de la colaboración de las diferentes personas que van a trabajar con materiales de un mismo yacimiento así como de la adaptación a los medios disponibles. Poco se puede hacer con los restos procedentes de yacimientos en los que no ha habido una planificación y un sistema específico de recuperación de estos restos, una situación todavía frecuente en la Europa meridional. En estos casos en los que no existe una estrategia previa, únicamente recuperaremos concentraciones evidentes de restos carbonizados y el

material de mayor tamaño. Esto produce sesgos evidentes: a) espaciales, porque no conseguimos información acerca del material preservado en otras áreas con menor densidad, y b) en base a las dimensiones del resto: las avellanas y las bellotas, incluso el trigo y la cebada son relativamente frecuentes mientras que las plantas que generan semillas pequeñas, incluso las cultivadas como la adormidera, el mijo o el panizo, no se recuperan.

Las **técnicas** utilizadas para recuperar los restos botánicos generalmente persiguen obtener el mayor número de datos intentando rentabilizar el esfuerzo empleado. Atendiendo al modo de conservación y al tipo de restos que se quiere recuperar, solemos utilizar tres sistemas fundamentales:

**1. Criba en seco o con agua durante la excavación:** En excavaciones donde no es posible o no parece rentable utilizar otros métodos, los carbones de madera se pueden recuperar mediante el tamizado en seco o con agua del sedimento, generalmente a pie de excavación. Si la malla es lo suficientemente pequeña (3 o 4 mm por lo menos) y la recogida es cuidadosa, el cribado permite una recuperación satisfactoria del carbón de madera, no así de otros tipos de restos arqueobotánicos que suelen pasar desapercibidos.

**2. Criba con agua en una columna de tamices (el menor debe tener 0.25 mm de luz):** es un método lento por lo que sólo es recomendable cuando la frecuencia de restos es alta. También en casos de conservación especial como con material mineralizado o en medios húmedos. En estos casos hay que intentar conservarlos en condiciones similares a aquellas en las que se preservaron y las muestras tendrán que ser almacenadas, procesadas y estudiadas en agua con el fin de que la estructura de los restos no se degrade.

**3. Flotación con máquina:** se trata de un cribado con agua normal que además separa la fracción botánica. La ventaja de realizar la flotación con una máquina o bidón es que permite procesar con bastante rapidez y buenos resultados grandes volúmenes de tierra (Buxó, 1997; de Moulins, 1996). La máquina se puede construir con un cubo de metal o plástico que consta de una entrada de agua a media altura adaptado a la red o a un sistema de bombeo. El agua se distribuye en el interior del bidón mediante una retícula de tubos agujereados. En el tercio superior se localiza una rejilla sobre la que se instala una malla de 1 mm de luz (0.5 mm es más recomendable si se quiere recuperar la microfauna) en la que se depositan las muestras de sedimento. El agua en movimiento permite que la tierra se filtre a través de esta malla, mientras las piedras y los restos arqueológicos que-

dan atrapados en ella. Las semillas y otros restos de menor densidad flotan y cuando el agua rebosa, caen por una lengüeta y se depositan en una malla exterior de 0.25 mm. Posteriormente la muestra se seca a la sombra, se etiqueta y se traslada al laboratorio para su identificación. Los residuos (> 1 mm) de la flotación, formados por el material recuperado en la malla interior se revisan en tres fracciones: (1) 1-2 mm; (2) 2-4 mm; (3) > 4 mm. Aquí se separan: a) el material arqueológico y bioarqueológico (lítica, cerámica, fauna, microfauna, caracoles...) y b) los restos botánicos que no han flotado (carbones, cáscaras de avellana...). Estos últimos se incorporan a la muestra correspondiente.

Es posible en un mismo yacimiento combinar diferentes técnicas de muestreo. Por ejemplo, procesar mediante flotación una parte del sedimento excavado con el fin de recuperar semillas y frutos y el resto cribarlo en seco para completar la recuperación de los carbones.



*Foto 3: Máquina de flotación fabricada con un contenedor de plástico.*



## Identificación de frutos, semillas y carbones

Una vez separados, la identificación de frutos y semillas se realiza en el laboratorio observando la morfología externa tanto del grano como de los tegumentos -su ornamento y patrón de estructura celular- (Fotos 1 y 2). Estos se contrastan con las características presentes en:

- 1) Materiales modernos conservados en colecciones de referencia.
- 2) Descripciones realizadas por otros autores en publicaciones y trabajos arqueobotánicos.

3) Atlas de semillas: No existe una obra gráfica y descriptiva que incluya las semillas de las especies que se desarrollan en la Europa sudoccidental. Casi todas los atlas que habitualmente manejamos proceden de áreas más septentrionales, con menor diversidad (Beijerinck, 1947; Berggren, 1969; Berggren, 1981; Bertsch, 1941; Hanf, 1983; Hubbard, 1992; Jacomet, 1987; Katz et al., 1965; Körber-Grohne, 1964; Martin, 1946; Montégut, inédito; Villarías, 1992).

En el caso de la madera, a pesar de encontrarse carbonizada, la anatomía se puede conservar en un estado lo suficientemente bueno como para poder ser observada utilizando un microscopio de luz incidente, metalográfico, con aumentos entre 50X y 500X. El microscopio electrónico de barrido permite realizar fotografías con gran profundidad de campo, característica casi imprescindible para obtener calidad con las superficies irregulares que se obtienen de forma manual (Fotos 4 y 5). Para su identificación los carbones se fragmentan manualmente en tres secciones: sección transversal (ST), sección longitudinal radial (SLR) y sección longitudinal tangencial (SLT) con el fin de observar los patrones celulares desde diferentes puntos de vista (Chabal, 1997; Uzquiano, 1997). Las identificaciones se realizan por comparación con:

1. Especímenes modernos carbonizados o en lámina delgada.
2. Atlas de anatomía de maderas europeas (Greguss, 1959; Jacquot et al., 1973; Schweingruber, 1990; Vernet et al., 2001).

Según la disponibilidad de fragmentos en cada yacimiento, se suelen identificar los carbones mayores de 2-4 mm. Diferentes estudios parecen demostrar que el análisis de los carbones superiores a 4 mm es significativamente representativo de la población total y

que además permite identificaciones más rápidas y precisas (Chabal, 1997). Sin embargo, cuando los fragmentos  $> 4$  son insuficientes se suelen analizar también los de menor tamaño.

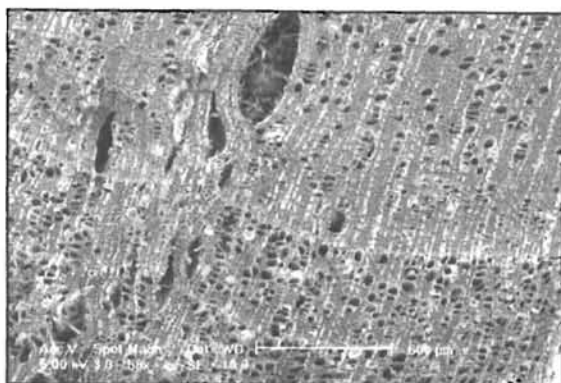


Foto 4



Foto 5

*Fotos 4 y 5.- Secciones transversal y longitudinal de un fragmento de madera de avellano del yacimiento paleolítico de Antoliñako Koba (Gautegiz Arteaga, Bizkaia).*

### Interpretación

La interpretación -tanto arqueológica como ecológica- de los macrorrestos vegetales de procedencia arqueológica no es fácil ya que factores muy variados, arqueológicos y botánicos, condicionan la composición de las muestras (De Moulins, 1990; Green, 1982; Wilcox, 1977). Un primer problema radica en poder determinar el modo de llegada de los restos al yacimiento. El ser humano es uno de los mayores agentes de transporte de vegetales y los principios ecológicos que se pueden aplicar a los depósitos naturales no son válidos en los yacimientos arqueológicos. Si en el caso del carbón la forma de llegada está medianamente clara porque en la mayoría de los casos nos encontramos frente a restos de combustible, con las semillas no siempre se puede discernir si el origen es natural o antrópico. Las semillas y los frutos son materiales resistentes y de uso habitual por las personas (de Moulins, 1997) que frecuentemente se relacionan con la alimentación o con las etapas de procesamiento de las cosechas y el tratamiento de los subproductos generados (Hillman, 1981; Hillman, 1984b). Pero la materia prima vegetal también puede acceder a un lugar en los excrementos de animales y personas, como parte del material empleado en camas, cubiertas o suelos de las viviendas o por medios naturales. Los resultados del análisis carpológico pueden estar más relacionados con el tipo de contexto que se

muestrea y con su función que con la economía o el paisaje vegetal. En un análisis que realizamos en el puerto romano de Irun (Peña-Chocarro y Zapata, 1996), con condiciones húmedas, identificamos una gran cantidad de restos carpológicos con una procedencia potencial muy variada, unos recolectados y cultivados y otros depositados de forma natural en el entorno del estuario (Fig. 1).

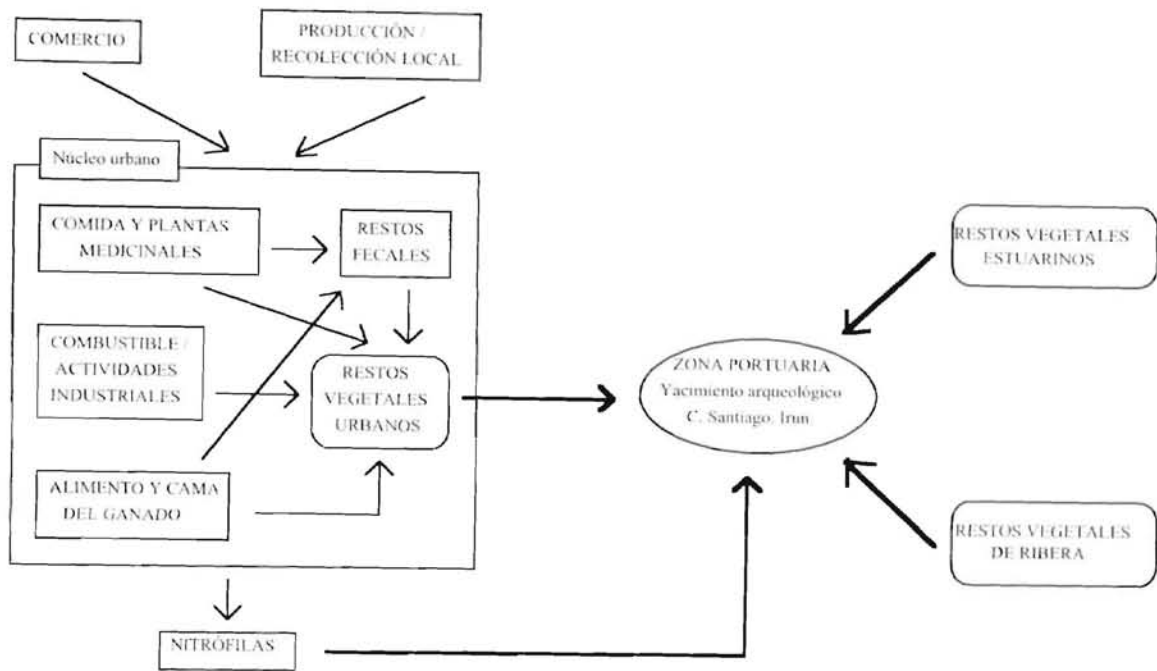


Figura 1. Ejemplo de las diferentes posibilidades de procedencia de las semillas recuperadas en el puerto romano de Irun (Gipuzkoa) (Peña-Chocarro y Zapata, 1996).

Otro tipo de problemas interpretativos tienen que ver con la frecuencia de cada especie en el yacimiento y con la cuantificación de los restos. Las semillas muestran una conservación y longevidad diferencial antes de ser carbonizadas. Existen especies en las que la «capa» externa o el pericarpio son duros lo que evita que la semilla se destruya en condiciones adversas. Estas especies, como la avellana, suelen presentar una conservación diferencial positiva frente a otras más frágiles. Por otra parte, como mecanismo de defensa de la planta frente a la predación o a la competición, algunas especies producen

cantidades masivas de semillas y por lo tanto tienden a estar sobrerrepresentadas (las de higo o mora frente a las de cereza, por ejemplo). Ello implica que el número de semillas identificadas en una muestra arqueológica no tiene necesariamente relación con el número de plantas de esa especie existentes en la zona en la época estudiada y la sola presencia de una especie en una muestra arqueobotánica, aunque la frecuencia sea baja, puede ser importante (De Moulins, 1990).

**En el caso de los carbones**, el objetivo del análisis suele ser obtener datos sobre la composición y la explotación del bosque así como sobre el impacto antrópico en el paisaje vegetal. La madera carbonizada suele ser el resto botánico más frecuente en los yacimientos europeos porque las necesidades constructivas y de combustible del ser humano tienen como consecuencia un aporte alto de esta materia prima a los lugares de habitación o de uso. El hecho de que el destino de grandes cantidades de leña sea precisamente su carbonización, permite su conservación. La interpretación de un análisis antracológico es compleja ya que resulta difícil discernir entre la significación ecológica y la cultural. En primer lugar, existen problemas tafonómicos mal conocidos y difíciles de evaluar que pueden afectar la representación de las diferentes especies que se han quemado en un lugar: diferente comportamiento de las leñas al arder, fragmentación diferencial, diferente conservación de los carbones, etc. (March, 1992; Thompson, 1994), un tema importante en el que no contamos con suficientes experiencias experimentales. Además, existen otras cuestiones que pueden condicionar la presencia de determinados taxones en el yacimiento:

1. Las propiedades físicas de las diferentes maderas: su peso, facilidad para ser cortadas, rapidez al arder, duración, poder y rendimiento calorífico, producción de humo, olor... son factores que pueden determinar su uso como combustible. Existen abundantes ejemplos etnográficos de selección de la leña (Smart y Hoffman, 1988). El tamaño también es importante ya que las especies con ramas pequeñas pueden servir para encender el fuego y las piezas grandes se pueden utilizar como combustible propiamente dicho.

2. La disponibilidad: aunque la disponibilidad puede no ser un factor determinante si una madera se necesita por algún motivo en especial, cabe pensar que, aplicando el principio del mínimo esfuerzo, como combustible doméstico se utilizarían preferentemente las especies más próximas a la zona de habitación (Shackleton y Prins, 1992). También parece probable que se prefiera recoger en primer lugar la leña caída y cuando ésta ya

no está disponible proceder a cortar ramas o brotes. Esto puede sesgar la muestra ya que las coníferas, por ejemplo, producen mayor cantidad de leña muerta. Los bosques caducifolios producen menos y su desintegración es más rápida (Peterken, 1996).

3. Otros usos: Algunas especies, aunque sean buenos combustibles, se han podido seleccionar para otros usos. Por ejemplo, el avellano es un excelente combustible muy frecuente en los diagramas palinológicos holocenos vascos (Iriarte, 1994; Iriarte, 2001; Peñalba, 1994; Sánchez Goñi, 1996). Sin embargo, aunque no se desprecia su leña, no es tan frecuente en las muestras antracológicas. Es posible que, al igual que sucede en época histórica, el árbol se haya utilizado preferentemente para otros fines: producción de frutos, madera para artesanías, material constructivo (elaboración de cestos, entramados...).

Por ello, con respecto a la interpretación que se puede dar a los datos antracológicos, existen diferentes escuelas. Unas hacen mayor hincapié en los factores ecológicos y en las reconstrucciones paleoambientales o paleoclimáticas ya que asumen que los carbones arqueológicos son una función de la vegetación pasada (v. ejemplos en Chabal, 1997; Neumann, 1989; Prior y Price Williams, 1985; Smith et al., 1995; Vernet, 1997). El método utilizado consiste en la comparación de las abundancias relativas de los diferentes taxones que se documentan en una secuencia arqueológica. Otros antracólogos, en cambio, prefieren la interpretación etnobotánica frente a la paleoambiental ya que señalan que es demasiado simplista asumir que las proporciones entre las especies que identificamos en las muestras arqueobotánicas reflejan la abundancia relativa de estos taxones en la vegetación. Los taxones arbóreos representados serían consecuencia de una selección cultural relacionada con factores como las características físicas, disponibilidad, forma, tamaño de las especies, preferencias culturales y las actividades desarrolladas en el yacimiento (entre otros, (Kreuz, 1992; Piqué, 1999; Shackleton y Prins, 1992; Smart y Hoffman, 1988; Thompson, 1984). Por todas estas dificultades, algunos estudios antracológicos se basan únicamente en la presencia / ausencia de taxones, sin tener en cuenta su peso específico dentro de las muestras (Willcox, 1991; Willcox, 1992; Willcox, 1974).

### **3. Aplicación del análisis de macrorrestos vegetales al análisis estratigráfico: el caso de Aizpea**

El abrigo de Aizpea (Aribe, Navarra) se localiza en los Pirineos occidentales. Recientemente se ha publicado la monografía que recoge los trabajos de excavación y análisis de su depósito estratificado, de casi 2 m de espesor. En él se han definido dos niveles de interés arqueológico: a) superficial, con escasos restos y b) nivel medio, con una intensa ocupación humana mesolítica y dataciones comprendidas entre c. 7790 y 6370 BP (Barandiarán y Cava, 2001).

El muestreo de los macrorrestos vegetales se realizó en una pequeña columna que había quedado como testigo, después de que la excavación del abrigo hubiera terminado. La zona muestreada constituye por lo tanto una pequeña parte del área excavada, una parte a su vez de lo que originalmente debió ser el abrigo. La columna consta de 30 muestras de sedimento de un volumen de 7-10 litros cada una que fueron tratadas mediante flotación. Posteriormente se revisaron los residuos (>1 mm) de la flotación -el material recuperado en la malla interior-, examinándolos en tres fracciones (1-2 mm, 2-4 mm y >4 mm), y se recogieron aquellos restos que no flotaron, sobre todo carbones y fragmentos de cáscara de avellana. El material botánico del residuo se incorporó a la muestra correspondiente. También se separó el resto del material arqueológico incorporado al residuo (fauna e industria lítica y cerámica). Además de las muestras recuperadas mediante flotación, identificamos materiales botánicos recogidos in situ o en la criba durante la excavación.

#### **Resultados**

En Aizpea todos los macrorrestos botánicos se han conservado por carbonización. Los tipos de macrorrestos que hemos reconocido son: a) carbón de madera, b) fragmentos de frutos como pomos y pericarpios, c) semillas, d) fragmentos de tejido vegetal no identificable, probablemente parenquimático (quizá procedente de raíces, bulbos...), y e) material vegetal morfológicamente indeterminable. Los resultados absolutos pueden consultarse en Zapata (2001). Los carbones de madera fueron el tipo de resto más frecuente en las muestras y aquí nos centraremos en la información bioestratigráfica que han proporcionado.

### Frecuencia de los restos en las muestras

La estrategia de muestreo desarrollada en Aizpea nos ha permitido (1) analizar la variación en la frecuencia de restos por volumen de sedimento procesado y (2) discriminar diferentes zonas antracológicas a lo largo de la secuencia, ofreciendo así información bioestratigráfica de interés para el análisis global del yacimiento. El carbón y las avellanas no proceden de hogares o estructuras concretas sino que se encuentran dispersos en el sedimento. En la Fig. 2 podemos observar la frecuencia de carbones y de fragmentos de pericarpio de avellana, los macrorrestos vegetales más frecuentes, a lo largo de la secuencia. En Aizpea observamos los siguientes grupos:

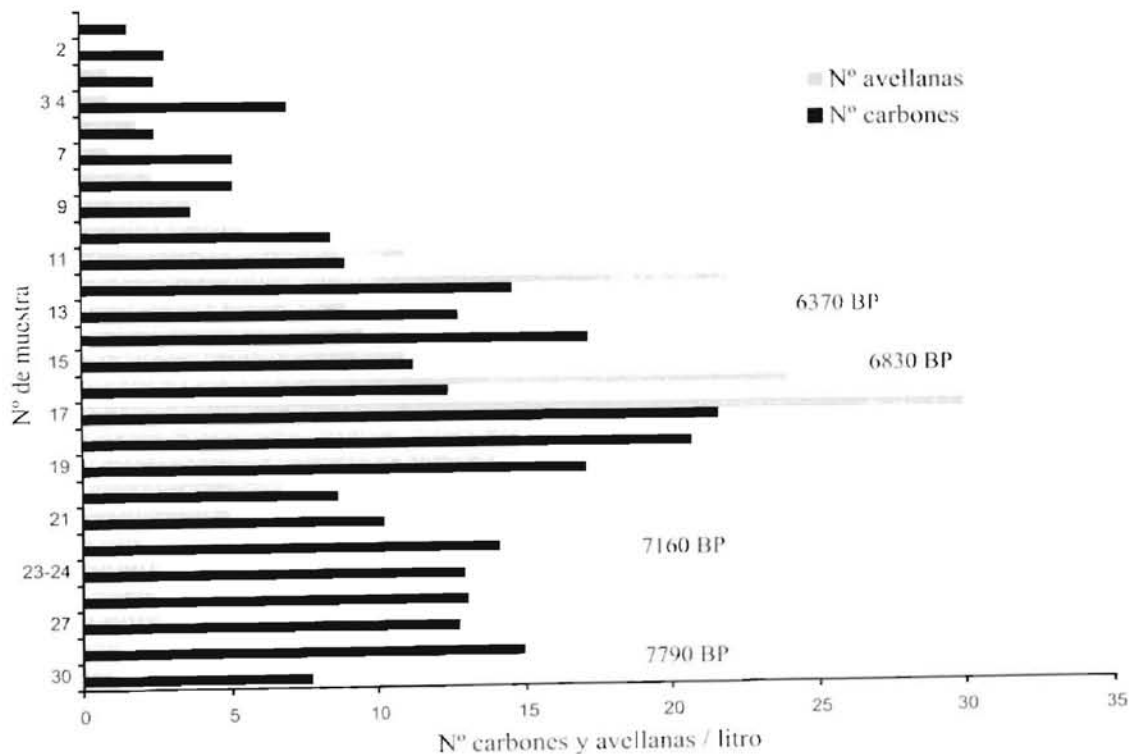


Figura 2. Número de carbones mayores de 2 mm y de cáscaras de avellana por litro de tierra procesado en Aizpea. Las muestras se han tomado en columna (la nº 1 es la más reciente). Se incluyen las dataciones de  $^{14}\text{C}$  BP.

1. La curva se inicia en la muestra más antigua con 8 carbones/litro. Rápidamente se produce un incremento (muestras 28-22) en torno a los 13-15 carbones/litro y un descenso en las muestras 21 y 20. Los restos de avellanas son escasos en las muestras más antiguas.

2. La zona central de la columna es la más carbonosa y también la que registra un número mayor de avellanas. Podría corresponder al momento de ocupación más intensa del yacimiento o, al menos, a aquel en el que se realizaron más actividades de combustión.

3. Existe una inflexión en la zona central (muestras 13-16) pero la caída definitiva se produce a partir de la muestra 11 y los restos son progresivamente más escasos.

### **La bioestratigrafía antracológica**

El análisis antracológico ha identificado diferentes taxones (Fig. 3): *Pinus* sp. *sylvestris* (pino albar), *Taxus baccata* (tejo), *Ulmus* (olmo), *Quercus* subgenus *Quercus* (roble cad.), *Alnus glutinosa* (aliso), *Betula* (abedul), *Corylus avellana* (avellano), *Populus-Salix* cf. *Populus* (chopo), *Rosaceae Pomoideae* (pomoidea: peral, manzano, espino, serbal...), *Prunus spinosa* (endrino), *Prunus* cf. *avium* (cerezo), *Rhamnus saxatilis/R. catharticus* (espino), *Acer platanoides / A. pseudoplatanus* (arce) y *Fraxinus excelsior* (fresno).

Las fechas en las que se utilizó el abrigo de Aizpea corresponden al final del periodo Boreal y al comienzo del Atlántico. En base a la presencia/ausencia y a las frecuencias relativas de taxones hemos definido tres zonas antracológicas atendiendo únicamente a la composición de las muestras y sin tener en cuenta criterios arqueológicos o cronológicos. Con ello, aunque sea de forma subjetiva, se pretende señalar unidades bioestratigráficas similares a las definidas para el análisis palinológico (Moore et al., 1991) (Tabla 1):

La zonación realizada a partir de la madera que se quemó en Aizpea (Tabla 1) refleja una dinámica que encaja con las fases u horizontes descritos a partir de criterios de carácter cronológico e industrial como la composición de la industria lítica o la presencia de cerámica (Barandiarán y Cava, 2001, p. 505-514). Sin embargo no siempre debe ser así. Conviene recordar que la bioestratigrafía antracológica puede llevar una dinámica propia que refleje la evolución del paisaje vegetal o los patrones de recogida de la leña y que esta dinámica no tiene necesariamente que ser paralela a los cambios reflejados en los temas





ZONAS ANTRACOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
Zona 3 Muestras 12-1 A partir de 6350 BP	<i>Taxus</i> y <i>Buxus</i> son los taxones más frecuentes: <i>Quercus</i> y <i>Taxus</i> decrecen hasta desaparecer a la vez que aumenta <i>Buxus</i> .
Zona 2 Muestras 20-13 7100-6350 BP	Desaparece <i>Pinus</i> , baja la frecuencia de <i>Prunus spinosa</i> , aumenta <i>Quercus</i> y hay presencia de <i>Taxus</i> y <i>Buxus</i> .
Zona 1 Muestras 30-21 7800-7100 BP	Porcentajes altos de <i>Prunus spinosa</i> , presencia de <i>Pinus</i> y de taxones termófilos ( <i>Alnus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Quercus</i> y <i>Corylus</i> ), así como de <i>Rhamnus</i> .

Tabla 1. Zonas definidas en el análisis antracológico

zoológicos, antrópicos o en los caracteres sedimentológicos. Incluso dentro de los restos vegetales, en función de su modo de llegada al yacimiento, diferentes materiales se organizan estratigráficamente de forma diferente. La bioestratigrafía proporcionada en Aizpea por otra disciplina arqueobotánica próxima, la palinología (Iriarte, 2001), si bien es similar en cuanto a la zonación, refleja diferente presencia y proporcionalidad entre los taxones, algo que probablemente se debe tanto a factores antrópicos como biológicos (Iriarte, 2001; Zapata, 2001; Zapata et al., 2002). Una bioestratigrafía basada en datos palinológicos reflejará fundamentalmente la evolución del paisaje vegetal próximo. Un diagrama antracológico (Fig. 3) reflejará en cambio la explotación humana de ese paisaje y los patrones de recogida de la leña que pueden ser o no una función de la vegetación. Los caracteres sedimentológicos suelen reflejar las condiciones ambientales de una cueva mientras que la presencia de fauna puede ser al menos en parte consecuencia de las actividades antrópicas que allí se desarrollaron. Por lo tanto, es lógico que las «estratigrafías» proporcionadas por los caracteres sedimentológicos y arqueológicos no sean coincidentes, algo que es consecuencia de la complejidad del registro arqueológico. Si ignoramos esta cuestión básica, podemos caer en discusiones que pretenden jerarquizar los diferentes materiales analizados reorganizando por ejemplo toda una secuencia cronológico-cultural a partir exclusivamente de datos palinológicos o a partir de datos sedimentológicos. La propuesta de la estratigrafía analítica presenta la indudable virtud de intentar integrar estos caracteres de origen diverso.

#### **4. Los atributos arqueobotánicos en la estratigrafía analítica: algunas reflexiones**

Los yacimientos arqueológicos raramente presentan una estratigrafía indiscutible y casi siempre se debe hacer frente a dudas e inseguridades a la hora de discriminar unidades estratigráficas. Por ello, cuanto mejor conozcamos la organización estratigráfica de los diferentes materiales, en mejores condiciones estaremos de abordar un análisis estratigráfico global. Como han señalado Asch y Sidell (1988), los macrorrestos vegetales (carbones, semillas...) pueden contribuir a la interpretación estratigráfica de un sitio. Aunque esto nos puede parecer obvio, las plantas raramente se utilizan con este fin, algo que, como señalan estos autores, es una consecuencia de la forma en que habitualmente se organiza la investigación y el trabajo arqueológico:

«Los restos vegetales generalmente se recogen mediante muestras brutas de sedimento que requieren un procesado especial. A menudo, por lo tanto, los restos botánicos sólo están disponibles para ser estudiados después de que el trabajo de campo ha finalizado y gran parte del puzzle estratigráfico está resuelto. Es más, el arqueobotánico generalmente es un especialista que no ha estado directamente involucrado en la recuperación de los restos. Debido a que los análisis son costosos, el director de la excavación puede decidir analizar los restos que proceden de contextos culturalmente bien definidos. Así, el arqueobotánico se convierte en un consumidor de interpretaciones estratigráficas que se derivan de fuentes no botánicas, en lugar de ser un colaborador en el análisis estratigráfico» (Asch y Sidell, 1988, p. 86-87).

En los últimos años en el marco de esta publicación periódica se han venido desarrollando diferentes trabajos relacionados con la estratigrafía analítica tanto en el aspecto teórico como en la aplicación práctica a una serie importante de yacimientos (v. Krei, vols. 1-5). A. Sáenz de Buruaga (1996, p. 17) señala que los criterios en los que se fundamenta la propuesta analítica van a ser una expresión objetiva de las dos realidades que, de manera más inmediata y directa, trascienden de las estructuras estratigráficas: los datos sedimentológicos y los arqueológicos. Es decir, una situación estratigráfica está determinada por diferentes temas (sedimentológicos, zoológicos, botánicos, antrópicos) que no se disponen aleatoriamente, sino que se ordenan causalmente. La fórmula que expresa esa realidad refleja los caracteres discriminados y posibilita describir lo más

objetivamente y coherentemente las situaciones o estructuras estratigráficas (Sáenz de Buruaga, 1996). En consecuencia, el sistema de definición estratigráfica analítica denomina a las capas a través de caracteres: a) sedimentológicos (fracción, color, compacidad, alteración) y b) arqueológicos/paleontológicos (Temas zoológicos, botánicos y antrópicos) (Krei, *Círculo de Estratigrafía Analítica*, vols. 1-3). En mi opinión podemos tener un problema en el uso de los términos botánicos si no se realizan los análisis correspondientes.

En el tema que nos ocupa, entre los caracteres arqueológicos, la presencia de madera carbonizada se presenta como único tema botánico, aunque en realidad el espectro de materiales botánicos habituales en un yacimiento arqueológico sea mucho más amplio, porque es el que nuestra experiencia percibe con mayor frecuencia. Sin embargo, la «presencia» de carbones no es algo tan fácil de categorizar, de hecho casi todos los contextos arqueológicos cuentan con madera carbonizada y la imagen carbonosa o no de una estructura estratigráfica puede ser muy diferente: a) si nos fiamos de nuestra percepción de visu durante la excavación -frecuentemente engañosa ya que sólo vemos los fragmentos de mayor tamaño- o, b) si realizamos una cuantificación sistemática, con un sistema de recuperación de restos fiable. Desgraciadamente, sin un análisis arqueobotánico de por medio, aunque sea preliminar, los caracteres recogidos en la fórmula analítica estarán basados en observaciones realizadas sobre el terreno que según nuestra experiencia muchas veces son poco ajustados a la realidad. A diferencia de la fauna, los macrorrestos vegetales habitualmente rozan el límite de la percepción visual y la presencia de macrorrestos vegetales dispersos en un contexto arqueológico suele ser una cuestión de grado, es decir, casi siempre están ahí pero en densidades variables (v. el ejemplo de la secuencia de Aizpea, Fig. 2). Algo diferente es la existencia de carbones concentrados en un hogar, un tema que también se recoge en la propuesta analítica, que efectivamente puede ser individualizado como tema antrópico y, en su caso, incluso puede permitir singularizar «facies» (Sáenz de Buruaga et al., 1998).

En mi opinión la única forma objetiva de abordar este problema sería la de incorporar la analítica arqueobotánica al análisis estratigráfico, al igual que se han definido sistemas de trabajo y análisis específicos para la determinación y jerarquización de los componentes sedimentológicos (Aguirre et al., 1999; Sáenz de Buruaga, 2000). La situación ideal obvia sería simultanear el trabajo de campo con los análisis del especialista en arqueobotánica.

algo que no es fácil si tenemos en cuenta la escasez de bioarqueólogos en el contexto peninsular. Existen algunos proyectos excepcionales por la gran cantidad de medios y especialistas que colaboran en la excavación, como por ejemplo puede verse en los trabajos que se están desarrollando en Çatal Höyük (<http://catal.arch.cam.ac.uk>; Hodder, 2000), con al menos 5 arqueobotánicos en el proyecto. En este yacimiento los arqueobotánicos se encargan de desarrollar todo el proceso de muestreo durante la excavación. Se procesa mediante flotación un volumen de unos 30 litros de sedimento por unidad estratigráfica. En el laboratorio de campo, mientras se lleva a cabo la excavación, se submuestra y analiza una selección de las muestras tomadas; se separan, identifican, pesan y cuentan las diferentes categorías botánicas: granos de cereal, subproductos del cereal, legumbres, materia herbácea, rizomas, carbón y semillas. Una vez analizadas estas muestras, los resultados se discuten sobre el terreno cada dos días con el resto de los especialistas así como con los arqueólogos que se hallan excavando. El resto de las muestras tomadas se analizan a lo largo del año. Este procedimiento permite que los especialistas se mantengan informados de los problemas que surgen en la excavación, discutan las estrategias de muestreo sobre el terreno y ofrezcan información de primera mano acerca de los resultados preliminares y la caracterización de las estructuras estratigráficas. De esta forma, es posible reformular las interpretaciones y rediseñar, si es necesario, las estrategias de muestreo de los diferentes materiales. Desde momentos tempranos de la fase investigadora las diferentes unidades estratigráficas se caracterizan con una fiabilidad alta y se reconocen las diferentes áreas de actividad. A. Sáenz de Buruaga (1996, p. 14) señala que una labor meticulosa de levantamiento y cribado de la tierra «pudiera advertir sobre la presencia de áreas de actividad concreta que al aportar una diferencia suficientemente cualitativa con el resto de la asociación estratigráfica pudieran significarse como facies de la misma». El material arqueobotánico de hecho tiene un alto potencial para discriminar áreas de actividad (Hastorf, 1988; Hastorf, 1990; Hillman, 1984a; Hillman, 1981; Jones, 1984; Peña-Chocarro, 1995; Thompson, 1984) pero raramente se suele utilizar con este fin. Sin un análisis arqueobotánico no cabe otro remedio que aceptar que las definiciones que incluyen temas botánicos están sujetas a un amplio error. Otra cosa será aceptarlo así en un primer momento, presentando una definición preliminar de las estructuras estratigráficas que deberá ser matizada o modificada a la luz de un análisis posterior.

## 5. Conclusiones

A pesar del escaso desarrollo de la arqueobotánica en el mundo académico de la Europa meridional, los macrorrestos vegetales se estudian cada vez más y mejor. Los objetivos fundamentales de la mayoría de los análisis se relacionan con la caracterización del paisaje vegetal y el impacto antrópico, los cambios climáticos, la explotación del medio y la alimentación humana en el pasado. Sin embargo, a pesar de su potencial, el estudio de los macrorrestos vegetales raramente se utiliza como una herramienta más de análisis estratigráfico por lo que los resultados de esta disciplina se incorporan a posteriori a un marco estratigráfico previo definido por otros parámetros.

La propuesta analítica incluye al menos los atributos botánicos en la definición estratigráfica, señalando que en una situación estratigráfica confluyen temas variados (sedimentológicos, zoológicos, botánicos, antrópicos...) dentro de una estructura dinámica organizada. Si, con el fin de comprender el conjunto analizado y la complejidad estratigráfica pretendemos descomponer, definir y explicar las diferentes partes que forman el todo (Sáenz de Buruaga et al., 1998), es necesario que los diferentes componentes sean analizados con rigor. En el caso que aquí nos ocupa, sólo es posible realizar la definición y análisis de los componentes botánicos mediante una aproximación sistemática que incluya una estrategia de muestreo planificada y una analítica cuidada. Esto suele exigir la interacción real de los arqueobotánicos en el proceso de excavación y estudio de los yacimientos, a ser posible desde un momento temprano del proyecto. Comprendemos que esto no es fácil en el contexto actual de la arqueología peninsular pero las experiencias de otros países indican que debe ser el camino a seguir.

### Nota

La autora dispone de una beca postdoctoral de Formación de Investigadores del Gobierno Vasco (Ref. BFI01.12). Este trabajo se enmarca en la investigación del Grupo Consolidado de la UPV/EHU 9/UPV00155.130-14570/2002.

## Bibliografía

- AGUIRRE M., LÓPEZ QUINTANA J.C., ORMAZABAL A., SÁENZ DE BURUAGA A. (1999) - Determinación práctica del sedimento en el campo y jerarquización de componentes sedimentológicos en Estratigrafía Analítica, *Krei*, 4, p. 3-27.
- ALTUNA J., CEARRETA A., EDESO J.M., ELORZA M., ISTURIZ M.J., MARIEZKURRENA K., MUJICA J.A., UGARTE F. (1990) - El yacimiento de Herriko Barra (Zarautz, País Vasco) y su relación con las transgresiones marinas holocenas. Trabajo presentado en *Actas de la 2ª reunión de Cuaternario Ibérico*.
- ASCH D.L., SIDELL N. (1988) - Archaeological Plant Remains: Applications to Stratigraphic Analysis. Hastorf C.A., Popper V.S. (eds.) *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, p. 86-118. Chicago y Londres, The University of Chicago Press.
- BARANDIARÁN I., CAVA A. (eds.) (2001) - *Cazadores-recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora. Anejos de Veleia. Series maior 10*. Vitoria-Gasteiz.
- BEIJERINCK W. (1947) - *Zadenatlas der Nederlandsche Flora*. Wageningen, H. Veenman & Zonen.
- BERGGREN G. (1969) - *Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European species with morphological descriptions. Part 2 Cyperaceae*. Estocolmo, Swedish Natural Science Research Council.
- BERGGREN G. (1981) - *Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European species with morphological descriptions. Part 3 Salicaceae-Cruciferae*. Estocolmo, Swedish Museum of Natural History.
- BERTSCH K. (1941) - *Früchte und Samen. Ein Bestimmungsbuch zur Pflanzenkunde der vorgeschichtlichen Zeit*. Stuttgart, Verlag Ferdinand Enke.
- BUXÓ R. (1997) - *Arqueología de las Plantas*. Barcelona, Ed. Crítica.
- CORTELLA A.R., POCHETTINO M.L. (1994) - Starch Grain Analysis as a Microscopic Diagnostic Feature in the Identification of Plant Material, *Economic Botany*, 48 (2), p. 171-181.
- CUBERO C. (1996) - Impresiones vegetales: su análisis. (El Castellar de Berrueco). Ramil P., Fernández Rodríguez C., Rodríguez Guitián M. (eds.) *Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica*, p. 275-289.
- CHABALL, (1997) - *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'anthracologie, méthode et paléoécologie*. París, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- DE MOULINS D. (1996) - Sieving experiment: the controlled recovery of charred plant remains from modern and archaeological samples, *Vegetation History and Archaeobotany*, 5, p. 153-156.
- DE MOULINS D. (1997) - *Agricultural Changes at Euphrates and Steppe Sites in the Mid-8th to the 6th Millennium B.C.* Oxford, J. Hedges, E. Hedges. Archaeopress.
- EVERSHED R., DUDD S.N., CHARTERS S., MOTTRAM H., STOTT A.W., RAVEN A., VAN BERGEN P.F., BLAND H.A. (1999) - Lipids as carriers of anthropogenic signals from prehistory, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 354, p. 19-31.
- FAIRBAIRN A.S. (2000) - On the spread of crops across Neolithic Britain, with special reference to the southern England. Fairbairn A.S. (ed.) *Plants in Neolithic Britain and beyond*, p. 107-121. Oxford, Oxbow Books.

- FANKHAUSER B. (1994) - Protein and lipid analysis of food residues. Hather J.G. (ed.) *Tropical Archaeobotany. Applications and new development*, p. 227-250. Londres y Nueva York, Routledge.
- FULLAGAR R., MEEHAN B., JONES R. (1992) - Residue analysis of ethnographic plant-working and other tools from Northern Australia. Anderson P.C. (ed.) *Préhistoire de l'agriculture*, p. 39-53. París, Éditions du C.N.R.S.
- GEREÑU M., LÓPEZ COLOM M.D.M., URTEAGA M.M. (1997) - Novedades de arqueología romana en Irún-Oiasso. 1992-96, *Isturiz*, 8, p. 467-489.
- GREEN F.J. (1979) - Phosphatic Mineralization of Seeds from Archaeological Sites, *Journal of Archaeological Science*, 6, p. 279-284.
- GREGUSS P. (1959) - *Holz-anatomie der Europäischen Laubhölzer und Straucher*. Budapest. Akadémiai Kiadó.
- HANF M. (1983) - *The Arable Weeds of Europe with their seedlings and seeds*. Ludwigshafen, BASF.
- HASTORF C.A. (1988) - The Use of Paleoethnobotanical Data in Prehistoric Studies of Crop Production, Processing, and Consumption. Hastorf C.A., Popper V.S. (eds.) *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, p. 119-144. Chicago / Londres, The University of Chicago Press.
- HASTORF C.A. (1990) - The effect of the Inka state on Sausa agricultural production and crop consumption, *American Antiquity*, 55 (2), p. 262-290.
- HASTORF C.A. (1998) - The cultural life of early domestic plant use, *Antiquity*, 72, p. 773-782.
- HAYDEN B. (1996) - Feasting in Prehistoric and Traditional Societies. Wiessner P., Schietenhovel W. (eds.) *Food and the Status Quest: an interdisciplinary perspective*, p. 294. Oxford, Berghahn Books.
- HILLMAN G. (1984a) - Interpretation of archaeological plant remains: The application of ethnographic models from Turkey. van Zeist W., Casparie W. (eds.) *Plants and Ancient Man*, p. 1-41. Rotterdam, A.A. Balkema.
- HILLMAN G.C. (1981) - Reconstructing Crop Husbandry Practices from Charred Remains of Crops. Mercer R. (ed.) *Farming Practice in British Prehistory*, p. 123-162. Edimburgo, Edinburgh University Press.
- HILLMAN G.C. (1984b) - Traditional husbandry and processing of archaic cereals in recent times: the operations, products and equipment which might feature in Sumerian texts. Part I: The glume wheats. *Bulletin of Sumerian Agriculture*, 1, p. 114-152.
- HILLMAN G.C. (1989) - Late Palaeolithic plant foods from Wadi Kubbania in Upper Egypt: dietary diversity, infant weaning, and seasonality in a riverine environment. Harris D.R., Hillman G.C. (eds.) *Foraging and Farming. The Evolution of Plant Exploitation*, p. 207-239. Londres, Unwin Hyman Ltd.
- HUBBARD R.N.L.B. (1992) - Dichotomous keys for the identification of the major Old World crops. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 73, p. 105-115.
- IRIARTE M.J. (1994) - *El paisaje vegetal de la Prehistoria reciente en el Alto Valle del Ebro y sus estribaciones atlánticas. Datos polínicos. Antropización del paisaje y primeros estadios de la economía de producción*. Tesis doctoral inédita. Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Facultad de Filología, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz.



- IRIARTE M.J. (2001) - El entorno vegetal de los pobladores prehistóricos de Aizpea: análisis polínico. Barandiarán I., Cava A. (eds.) *Cazadores-recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora. Veleia. Anejos. Series Maior 10*, p. 315-323. Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU.
- IRIARTE M.J., MUJICA J.A., TARRIÑO A. (e.p.) - Herriko Barra (Zarautz-Gipuzkoa): Caractérisation industrielle et économique des premiers groupes de producteurs sur le littoral Basque. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*.
- JACOMET S. (1987) - *Prähistorische Getreidefunde*. Basel, Botanisches Institut der Universität.
- JACQUIOT C., TRENARD Y., DIROL D. (1973) - *Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes*. Paris, Centre technique du bois.
- JONES A. (1999) - The world on a plate: ceramics, food technology and cosmology in Neolithic Orkney. *World Archaeology*, 31 (1), p. 55-77.
- JONES G. (2000) - Evaluating the importance of cultivation and collecting in Neolithic Britain. Fairbairn A. (ed.) *Plants in Neolithic Britain and beyond*, p. 79-84. Oxford, Oxbow Books.
- JONES G.E.M. (1984) - Interpretation of archaeological plant remains: Ethnographic models from Greece. van Zeist W., Casparie W. (eds.) *Plants and Ancient Man: studies in Palaeoethnobotany*, p. 43-61. Rotterdam, A.A. Balkema.
- JONES M.K. (1991) - Sampling in palaeoethnobotany. van Zeist W., Wasylikowa K., Behre K.-E. (eds.) *Progress in Old World Palaeoethnobotany*, p. 53-62. Rotterdam, A.A. Balkema.
- KATZ N.J., KATZ S.V., KIPIANI M.G. (1965) - *Atlas and Keys of fruits and seeds occurring in the Quaternary deposits of the USSR*. Moscú. Nauka. Academy of Sciences of the USSR.
- KÖRBER-GROHNF U. (1964) - *Bestimmungsschlüssel für subfossile Juncus Samen und Gramineen-Früchte*. Hildesheim, August Lax - Verlagsbuchhandlung.
- KREUZ A. (1992) - Charcoal from ten early Neolithic settlements in Central Europe and its interpretation in terms of woodland management and wildwood resources. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139 (Actual. bot. 2/3/4), p. 383-394.
- KUONI B. (1981) - *Cestería tradicional ibérica*. Madrid, Ediciones del Serbal.
- LOY T.H., SPRIGGS M., WICKLER S. (1992) - Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: starch residues on stone artifacts from the northern Solomon Islands. *Antiquity*, 66, p. 898-912.
- MARCH R.J. (1992) - L'utilisation du bois dans les foyers préhistoriques: une approche expérimentale. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139 (Actual. bot. 2/3/4), p. 245-253.
- MARTIN A.C. (1946) - The Comparative Internal Morphology of Seeds. *The American Midland Naturalist*, 36 (3), p. 513-659.
- MONK M. (2000) - Seeds and soils of discontent: an environmental archaeological contribution to the nature of the early Neolithic. Desmond A., Johnson G., McCarthy M., Sheehan J., Twohig E.S. (eds.) *New agendas in Irish prehistory: Papers in commemoration of Liz Anderson*, p. 67-87. Bray, Wordwell Ltd.
- MONTÉGUT J. (inérito) - *Clé de détermination des semences de mauvaises herbes*. Versailles, Laboratoire de Botanique.

- MOORE P.D., WEBB J.A., COLLINSON M.E. (1991) - *Pollen analysis*. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- NEUMANN K. (1989) - Holocene vegetation of the Eastern Sahara: charcoal from prehistoric sites. *The African Archaeological Review*, 7, p. 97-116.
- PAAP N.A. (1984) - Palaeobotanical investigations in Amsterdam. van Zeist W., Casparie W. (eds.) *Plants and Ancient Man. Studies in Palaeoethnobotany*, p. 339-344. Rotterdam, A.A. Balkema.
- PEÑA-CHOCARRO L. (1995) - *Prehistoric agriculture in Southern Spain during the Neolithic and the Bronze Age: the application of ethnographic models*. Institute of Archaeology, University College London, Londres.
- PEÑA-CHOCARRO L., ZAPATA L. (1996) - Los recursos vegetales en el mundo romano: estudio de los macrorrestos botánicos del yacimiento Calle Santiago de Irún (Guipúzcoa). *Archivo Español de Arqueología*, 69, p. 119-134.
- PEÑALBA M.C. (1994) - The history of the Holocene vegetation in northern Spain from pollen analysis. *Journal of Ecology*, 82 (4), p. 815-832.
- PETERKEN G.F. (1996) - *Natural Woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge, Cambridge University Press.
- PIQUÉ R. (1999) - *Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica*. Madrid, Universidad Autónoma de Barcelona. CSIC.
- PRIOR J., PRICE WILLIAMS D. (1985) - An Investigation of Climatic Change in the Holocene Epoch using Archaeological Charcoal from Swaziland, Southern Africa. *Journal of Archaeological Science*, 12, p. 457-475.
- SÁENZ DE BURUAGA A. (1996) - Apuntes provisionales sobre la historia y el concepto de Estratigrafía Analítica. *Krei*, 1, p. 5-20.
- SÁENZ DE BURUAGA A. (2000) - Contribución al proceso de jerarquización de componentes sedimentológicos a partir de prácticas ponderales y volumétricas: el ejemplo del depósito aluvial de Errekaleor (Vitoria-Gasteiz). *Krei*, 5, p. 63-78.
- SÁENZ DE BURUAGA A., AGUIRRE M., GRIMA C., LÓPEZ QUINTANA J.C., ORMAZABAL A., PASTOR B. (1998) - Método y práctica de la Estratigrafía Analítica. *Krei*, 3, p. 7-41.
- SÁNCHEZ GOÑI M.F. (1996) - Vegetation and Sea level changes during the holocene in the estuary of the Bidasoa (Southern part of the bay of Biscay). *Quaternaire*, 7 (4), p. 207-219.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1990) - *Mikroskopische Holzanatomie*. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- SHACKLETON C.M., PRINS F. (1992) - Charcoal Analysis and the «Principle of Least Effort» - A Conceptual Model. *Journal of Archaeological Science*, 19, p. 631-637.
- SMART T.L., HOFFMAN E.S. (1988) - Environmental Interpretation of Archaeological Charcoal. Hastorf C.A., Popper V.S. (eds.) *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*, p. 167-205. Chicago y Londres, The University of Chicago Press.

- SMITH M.A., VELLEN L., PASK J. (1995) - Vegetation history from archaeological charcoals in central Australia: The late Quaternary record from Puritjarra rock shelter. *Vegetation History and Archaeobotany*, 4, p. 171-177.
- SPINDLER K. (1997) - Summary report on the mummified glacier corpse found at Hauslabjoch in the Ötztal Alps. *Préhistoire européenne* 10, 10, p. 213-221.
- THOMPSON G.B. (1984) - *Cefn Graeanog charcoals: a case study in context related variation*. Tesina de MSc inédita. Institute of Archaeology, University C. London, Londres.
- THOMPSON G.B. (1994) - Wood charcoals from tropical sites: a contribution to methodology and interpretation. Hather J.G. (ed.) *Tropical Archaeobotany. Applications and new developments*, p. 9-34. Londres, Routledge.
- UZQUIANO P. (1997) - Antracología y métodos: implicaciones en la economía prehistórica, etnoarqueología y paleoecología. *Trabajos de Prehistoria*, 54, p. 145-154.
- VAN DER VEEN M. (1982) - Sampling Seeds. *Journal of Archaeological Science*, 9, p. 287-298.
- VAN DER VEEN M. (1984) - Sampling for seeds. van Zeist W., Casparie W. (eds.) *Plants and Ancient Man*, p. 193-199. Rotterdam, A.A. Balkema.
- VAN DER VEEN M. (1992) - *Crop husbandry regimes. An archaeobotanical Study of farming in northern England*. Sheffield, University of Sheffield.
- VAN DER VEEN M. (1996) - The plant remains from Mons Claudianus, a Roman quarry settlement in the Eastern Desert of Egypt - an interim report. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5, p. 137-141.
- VERNET J.-L. (1997) - *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours*. Paris, Editions Errance.
- VERNET J.L., Ogereau P., Figueiral I., Machado C., Uzquiano C. (2001) - *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule Ibérique et îles Canaries*. Paris, CNRS Éditions.
- VILLARÍAS J.L. (1992) - *Atlas de malas hierbas*. Madrid, Mundi-Prensa.
- WHITTLE A. (2000) - Bringing plants into the taskscape. Fairbairn A.S. (ed.) *Plants in Neolithic Britain and beyond*, p. 1-7. Oxford, Oxbow Books.
- WILSON D.G. (1984) - The carbonisation of weed seeds and their representation in macrofossil assemblages. van Zeist W., Casparie W. (eds.) *Plants and Ancient Man. Studies in palaeoethnobotany*, p. 201-206. Rotterdam, A.A. Balkema.
- WILLCOX G.H. (1991) - Cafer Höyük (Turquie): Les charbons de bois néolithiques. *Cahiers de l'Euphrate*, 5-6, p. 139-150.
- WILLCOX G.H. (1992) - Timber and Trees: Ancient exploitation in the Middle East: evidence from plant remains. *Bulletin of Sumerian Agriculture*, 6, p. 1-31.
- WILLCOX G.H. (1974) - A history of deforestation as indicated by charcoal analysis of four sites in Eastern Anatolia. *Anatolian Studies*, 24, p. 117-133.

ZAPATA L. (2001) - El uso de los recursos vegetales en Aizpea (Navarra, Pirineo occidental): la alimentación, el combustible y el bosque. Barandiarán I., Cava A. (eds.) *Cazadores-recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora. Veleia. Anejos Series Maior 10*, p. 325-359. Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU.

ZAPATA L., Cava A., Iriarte M.J., Baraybar J.P., De la Rúa C. (2002) - Mesolithic plant use in the Western Pyrenees: implications for vegetation change, use of wood and human diet. Mason S.L.R., Hather J.G. (eds.) *Hunter-Gatherer Archaeobotany. Perspectives from the northern temperate zone*, p. 99-110. London, Archetype Publications.

ZOHARY D. Y HOPF M. (1988) - *Domestication of plants in the Old World*. Oxford, Clarendon Press.