

ANÁLISIS PALINOLÓGICO Y RADIOMÉTRICO DEL SONDEO SOBRESTANY. NUEVE MILENIOS DE HISTORIA NATURAL E IMPACTOS HUMANOS SOBRE LA VEGETACIÓN DEL ALT EMPORDÀ.

Σπευδε Βραδεως

Alt Empordà, palinologia, Holoceno, Arbutum

Igor Parra* Elise Van Campo** Thierry Otto**

Un diagrama pol·línic obtingut a Sobrestany, amb datacions AMS ¹⁴C, permet observar la presència d'una roureda a la plana de l'Alt Empordà des de l'Holocè inferior. Aquesta roureda és reemplaçada cap al 4800 ¹⁴C anys BP per alzinars i suredes, que toleren millor els períodes eixuts estivals. Traces d'agricultura discontinua en el temps i l'espai són observades cap al 5000 ¹⁴C anys BP, però una acció més estructurada, contínua en el temps i l'espai hi és observada solament des del segle IV aC. El sistema Arbutum, destrueix cap al 600 dC, les últimes suredes i alzinars.

Alt Empordà, Palinologia, Holocè, Arbutum

This AMS ¹⁴C-dated pollen record from the Sobrestany basin shows that deciduous oak forests occupied the plain of Alt Empordà during the early Holocene and were replaced by drier Quercus ilex and Q. suber forests after 4800 ¹⁴C years B.P. Traces of both spatially and temporally discontinuous agriculture practices are registered from ca. 5000 ¹⁴C years B.P. but strong human impact is evidenced only from the IVth century B.C. The "Arbutum" system cleared away the last forests at the VIIth century A.D.

Alt Empordà, Palynology, Holocene, Arbutum

Un diagramme pollinique du bassin de Sobrestany daté par AMS ¹⁴C montre que des forêts de chênes caducifoliés couvraient la plaine du haut Ampurdan au début de l'Holocène, remplacées par des forêts plus sèches à Quercus ilex et Q. suber après 4800 ¹⁴C ans B.P. Des traces de pratiques agricoles discontinues dans le temps et dans l'espace sont visibles dès 5000 ¹⁴C ans B.P., mais une action anthropique plus structurée n'apparaît qu'au IVème siècle B.C. Le système de l'Arbutum fait disparaître les dernières forêts, vers le VIIIème siècle A.D.

Alt Empordà, Palynologie, Holocène, Arbutum.

33

INTRODUCCIÓN

El análisis polínico de una cuenca lacustre integra el espectro polínico de la vegetación de una superficie mucho mayor que la de la propia superficie del lago o laguna (Faegri/Iversen 1975), y permite por lo tanto conocer, a través del análisis sucesivo de diferentes niveles sedimentarios, las variaciones de la estructura de la vegetación regional a lo largo del intervalo de tiempo registrado en el depósito lacustro-lagunar. Así, con el objetivo de conocer la dinámica de la vegetación del entorno ampuritano, el año 1984 el Museo Arqueológico de Barcelona financió una campaña de sondeos en el Ampurdán.

El sondeo Sobrestany (ST1) pertenece a esa campaña de sondeos, y se encuentra localizado en la cuenca

más occidental altoampurdanesa (Fig. 1) de sedimentación lacustre-lagunar holocénica, atravesada por la carretera de l'Escala-Torroella en el kilómetro 5, a pocos metros hacia el suroeste desde el borde del camino asfaltado. La posición natural de Sobrestany permite registrar el espectro polínico de la vegetación de su entorno en un radio de decenas de kilómetros en la zona central de la cubeta, limitado ese registro sólo al occidente por las elevaciones de mediana altitud del Montgrí, por lo tanto la zona geográfica mejor representada es el sector correspondiente a la comarca del Alt Empordà.

Gracias a un transecto de tres sondeos pudimos determinar que el sondeo Sobrestany presentaba las mejores condiciones continuas de registro esporo-polínico

* Observatorio de Impactos Climáticos OBAL - LEAL, Apdo. 212 - 04630 Garrucha, Almería España

** Laboratoire Dynamique de la Biodiversité BP 4349- 31055 Toulouse cedex 4 - France

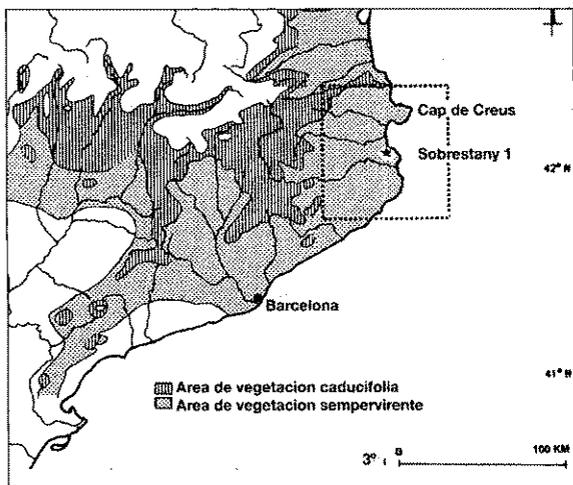


Figura 1. (Modificada de Folch i Guillen 1981). Localización del sondeo Sobrestany y los límites actuales de la vegetación caducifolia con respecto a la vegetación sempervirente.

(Parra 1988). Otro sondeo realizado en Sobrestany en el invierno del año 2003 permitió verificar la secuencia estratigráfica, pero aún no se ha datado ni analizado polínicamente.

Las coordenadas UTM de este sondeo espora-polinico de Sobrestany son:

EG 098602, altitud de 13 metros sobre el nivel del mar, y se encuentra en la parte más occidental de la cubeta tectónica del Alt Empordà.

El sondeo fue obtenido el año 1984, con una sonda continua de 10 centímetros de diámetro y que alcanzó, hacia los 20 metros de profundidad, hasta el substrato eocénico de la cuenca altoampurdanesa.

Los análisis polínicos fueron realizados en el antiguo Laboratorio de Palinología de Montpellier (CNRS-EPHE) entre los años 1987-1988, dando lugar a una Tesina presentada en Montpellier, y obtenida con la ayuda de una beca CIRIT concedida al primer autor de este artículo el año 1987 (Parra 1988). Este trabajo académico tenía una orientación claramente paleoclimática, con lo cual una parte significativa de la información palinológica obtenida en los análisis del año 1987 no fue utilizada, pues el eje del análisis lo constituyeron, el año 1988, los grandes números del análisis polínico del sondeo ST 1, igualmente ha ocurrido con los dos artículos publicados hasta la fecha en los que se utilizaron algunos diagramas escogidos de este sondeo (Parra 1993; Carrion *et alii* 2000).

EL ENTORNO GEOMORFOLÓGICO

El sistema lacustro-lagunar de Sobrestany cierra la llanura aluvial altoampurdanesa en su sector occidental, al colmatarse a lo largo del periodo holocénico la cuenca

formada por las estribaciones orientales del Montgrí, y las elevaciones meridionales y litorales de la zona de l'Escala. Este sistema lacustre depende directamente de los aportes del río Fluvià, que drena una superficie de 1124 km², y de la consolidación de la línea de costa holocénica en una posición próxima a la actual que permite una sedimentación continua desde los, aproximadamente, 9000 años antes del presente (BP).

Esta sedimentación holocénica está inserta en una vasta depresión tectónica rellena por sedimentos neógenos y cuaternarios, que a su vez han formado una amplia llanura de casi 30 kilómetros de amplitud, con una superficie total aproximada de 1285 km². Esta llanura está limitada al norte por las digitaciones orientales del Pirineo, al sur por las Gavarres, al suroeste por las montañas olositánicas (Pre-Pirineos Surorientales) y al este por el mar Mediterráneo. La altitud media de este anfiteatro de montañas juxtalitorales es de aproximadamente 450 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Esta llanura altoampurdanesa está subdividida por los siguientes sectores geomorfológicos principales (Marqués 1986):

las pequeñas elevaciones de edad neógena señalan la presencia de antiguos glaciares cortados por la red de drenaje desarrollada ulteriormente.

los dos ríos principales del Alt Empordà relacionados con la colmatación sub-reciente de la llanura aluvial: el Fluvià y la Muga.

El sector elevado por encima de los 10 metros (m.s.n.m.) corresponde a depósitos aluviales de las terrazas fluviales, o bien pertenecen al substrato Terciario o Paleozoico.

DE LA VEGETACIÓN

La vegetación próxima e inmediata a la zona del sondeo de Sobrestany está caracterizada por los cultivos de arroz que se han desarrollado en toda la superficie más occidental de la cuenca estudiada. Esta estructura antropizada de vegetación mantiene sin embargo algunas plantas propias de las lagunas litorales, principalmente de los cañizares, reducidas a los estrechos espacios reservados a los canales de irrigación del arrozal.

También, en términos más amplios, la característica principal de la actual estructura de la vegetación altoampurdanesa es la profunda huella que la acción agrícola ha impuesto a la llanura aluvial y a los contrafuertes del anfiteatro montañoso litoral y juxtalitoral. Sin embargo en nuestro análisis espora-polinico de Sobrestany encontramos una abundante evidencia de estructuras vegetales diferentes. Así, la mayoría de estos elementos vegetales, ya arbóreos ya del matorral mediterráneo, se encuentran aún presentes en el territorio altoampurdanés, aunque en estructuras muy diferentes a

las primitivas. Por ello creemos importante señalar los principales dominios de vegetación en los cuales se pueden encontrar estos vegetales, que la acción humana ha redistribuido y dispersado de forma significativa a lo largo de los últimos dos milenios.

Los principales dominios de vegetación forestal del sector altoampurdanés son el *Quercetum ilicis galloprovincialis pistacietosum*, al que pertenecen sobre todo la llanura aluvial y las montañas calcáreas próximas a la cuenca de Sobrestany. Tanto en las montañas septentrionales del anfiteatro altoampurdanés como en las Gavarres, más al sur, se localiza el dominio del *Quercetum ilicis galloprovinciale suberotosum*, en suelos ácidos y relativamente pobres. Las zonas bajas del Alt Empordà corresponden a lo que Bolós/Vigo (1984) y Folch (1981) denominan territorio del *Ruscium*.

En la Fig. 1 se muestra la posición de Sobrestany con respecto a los límites actuales del bosque caducifolio así como del bosque esclerófilo, mejor adaptado a la sequedad estival actual de la llanura aluvial.

En las zonas más bajas de la llanura aluvial se encuentra el dominio del *Oleo-lentiscetum provinciale*, que es propiamente litoral. En estas zonas bajas de la llanura ampurdanesa también se encuentra bien desarrollado el bosque de ribera (*Populetum albae*, *Lamio-Ainetum glutinosae* e *Iridi-Populetum albae*) así como asociaciones litorales de la *Ammophiletea* y *Crithmolimonieta*. Igualmente se encuentran presentes el dominio de la vegetación lagunar y de suelos halomórficos (dominio de la *Phragmetalia* y del *Puccinellio-Salicornietea*). Dentro de las lagunas altoampurdanesas se registran diversos niveles de salinidad de sus aguas, que se caracterizan por la presencia de espartales (*Spartino-Juncetum maritimi*), salicornales (*Snaedo-Salsoletum sodae*), y cañizares (*Typho-Schoenoplectetum glauci*). Hemos de señalar igualmente, porque lo encontramos registrado en la secuencia espora-polinica de Sobrestany, la presencia actual, y próxima al litoral, de elementos del *Tamaricetum canariensis*. En este mismo sentido, encontramos elementos que están clasificados en el *Asparago-Juniperetum macrocarpae* localizado actualmente en la zona de Cap de Creus.

DEL MATERIAL Y MÉTODO DE TRABAJO

El material analizado espora-polinica y radiométricamente fue obtenido con la ayuda de una sonda Craelius con sistema hidráulico de extracción continua de testigos de 1,5 metros de longitud y 0,10 metros de diámetro.

La datación del sondeo (Fig. 2) se ha establecido gracias a la radiocronología del ^{14}C . Las fechas radiométricas de los niveles ST1-1100 y ST1-1300 han sido realizadas en el laboratorio de Gif-sur-Yvette (Francia) sobre conchas de *Cardium* con el método clásico de gasifi-

CUADRO DE DATACIONES			
Nº muestra	Código Lab.	Prof(cm)	Edad 14C yr B.P.
ST1 220	Poz-4930	220	1350 ± 30 BP
ST1 330B	Poz-5020	330	1525 ± 30 BP
ST1 500	Poz-4931	500	2310 ± 50 BP
ST1 590	Poz-5097	590	3095 ± 35 BP
ST1 1100	Gif 7759	1100	5240 ± 70 BP
ST1 1320	Gif 6922	1300	5780 ± 410 BP

Figura 2. Cuadro de dataciones radiométricas obtenidas en el sondeo Sobrestany.

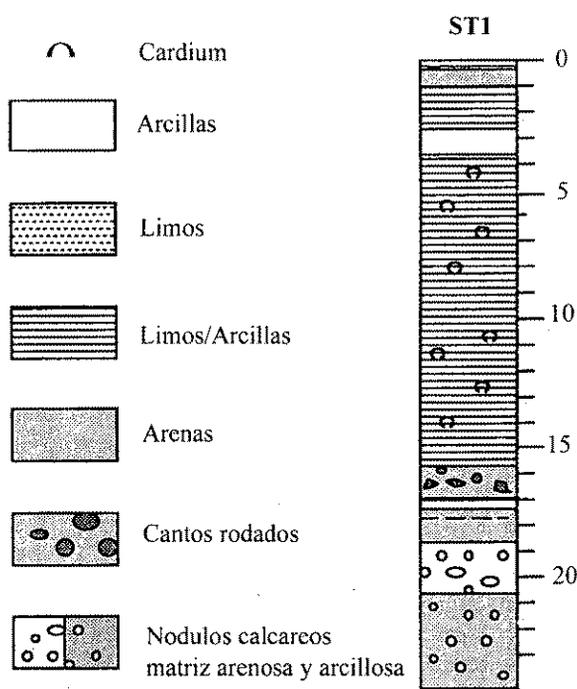


Figura 3. Registro sedimentario del sondeo Sobrestany. La profundidad está señalada en metros.

cación de la muestra. Las fechas radiométricas de las muestras ST1-220, ST1-330, ST1-500 y ST1-590 fueron realizadas en el laboratorio de Poznan (Polonia) sobre micro-restos vegetales con el método de espectrometría de masa por aceleración (AMS).

DE LA SEDIMENTACIÓN DEL SONDEO ST 1

Los cambios en la sedimentación del sondeo analizado fueron descritos sobre el material fresco, conservado en tubos de plástico, algunos meses después de su extracción, con la ayuda del geólogo Ramón Julià. Estos cambios pueden resumirse así (Fig. 3):

De 0 a -20 cm: arenas orgánicas con arcillas
 -20 a -22 cm: limos/arcillas con arenas
 -22 a -100cm: arenas orgánicas

- 100 a -265 cm: limos/arcillas orgánicas
- 265 a -370 cm: arcillas gris-azuladas
- 370 a -1570 cm: limos/arcillas gris azuladas con paquetes compactos de fauna, principalmente *Cardium*, y restos de micro carbones y semillas visibles durante el tratamiento químico de la muestra, mayormente entre -620 y -845 cm.

- 1570 a -1700 cm: arenas compactas con nódulos calcáreos de erosión
- 1700 a -1702 cm: limos/arcillas orgánicas sin fauna
- 1702 a -1715 cm: arenas compactas
- 1715 a -1717 cm: en la matriz de arenas se observan ritmitas
- 1717 a -1865 cm: arenas compactas orgánicas
- 1865 a -2068 cm: nódulos calcáreos de erosión en matriz arenosa
- 2068 a -2400 cm: nódulos calcáreos de erosión en matriz arcillosa

Figura 4. Registro polínico de *Taxus* y *Carpinus* en el sondeo Sobrestany. Se observa que a pesar de tratarse de porcentajes muy bajos, se detecta con claridad el intervalo sedimentario en el que cada taxón aparece, a pesar de no haberse analizado en extensión toda la lámina de conteo polínico.

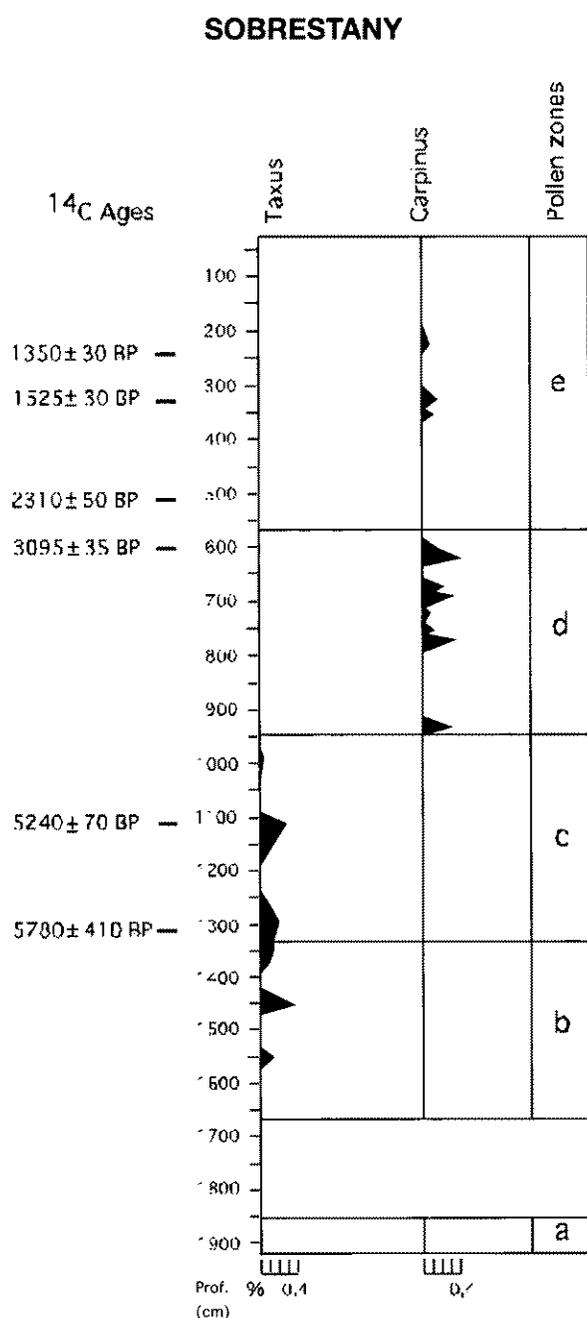
DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y EL ANÁLISIS ESPORO-POLÍNICO

En el tratamiento químico de los sedimentos se ha utilizado una media de 15 gramos de sedimento seco por nivel analizado, secando el sedimento a 60° C en una estufa durante 8 horas.

Hemos aplicado el método clásico del Laboratorio de Palinología de Montpellier (CNRS-EPHE) que consta básicamente de una cadena de análisis compuesta por HCl-HF (70%)-HCl (baño maría) NaCl (solución saturada)-Luber-Hexametafosfato de Na-Zn Cl₂, densidad 2- KOH y malla de 7 micras en baño de ultrasonidos-coloración y montaje en solución de glicerina fenolada de 50 microlitros.

Hemos realizado las determinaciones con la ayuda de la Colección de Referencias del Laboratorio de Montpellier. El conteo esporo-polínico lo hicimos de forma regular a 600 aumentos (X), en algunas determinaciones difíciles utilizamos 1000X. El diámetro del campo óptico a 600X fue de 330 μ, y a 1000X de 980 μ. Estos datos son fundamentales para calcular, según el método de Cour (1974) el coeficiente de observación (f%) -ver Anexo 1. Con este cálculo se controla que los conteos microscópicos entre diferentes muestras sean homogéneos, y por lo tanto, comparables. Cour determinó empíricamente que el análisis esporo-polínico efectuado en una muestra es significativo si f% > 0.1% del volumen total del sedimento analizado (ver Anexo I).

Igualmente aplicamos el método de Montpellier para realizar el análisis cuantitativo y cálculo de la Suma de Base. En efecto, el sistema tradicional de análisis microscópico establece un umbral de conteo esporo-polínico que representa las relaciones entre los diferentes grupos polínicos presentes en la fracción sedimentaria estudiada. Para obtener ese umbral normalmente se cuentan pólenes y esporas hasta que los principales grupos de taxones están representados; pero la identificación de otros taxones menos representados, y que pueden resultar significativos para el análisis, se consigue buscando exclusivamente los taxones que no han aparecido en la cuantificación de los grupos principales, para aumentar así el inventario taxonómico.



Nosotros, sin embargo, hemos seguido el método que consiste en establecer una representación significativa del contenido espora-polinico confiriendo un valor estadístico al conteo espora-polinico de taxones poco frecuentes o raros. Para obtener este tipo de resultados aplicamos una modificación del ábaco de Cambon (1981), basado en un test que determina cuánta superficie de la lámina analizada será efectivamente observada (Parra 1988). Este sistema nos ha permitido obtener una gran homogeneidad en las comparaciones entre grandes y pequeños porcentajes, a pesar de la presencia discontinua de los últimos. Un ejemplo de la bondad del método y de su fineza es la detección en estratos diferentes de los muy bajos porcentajes de *Taxus* y *Carpinus* (Fig. 4), representados coherentemente a pesar de no haber buscado ampliar artificialmente el inventario taxonómico.

La zonación polínica del diagrama la hemos establecido en base a las variaciones de 3 morfotipos polínicos de *Quercus*, tanto internas, como en relación a otros taxones arbóreos, matorrales o herbáceos, a través de las variaciones de los porcentajes relativos.

Al establecer la zonación hemos seguido el criterio clásico de Faegri e Iversen (1975) según el cual una zonación polínica debe basarse:

en la menor influencia posible de aportes locales, y en la evidencia de un cambio esencial, significativo, en relación a otras zonas polínicas del mismo diagrama: aparición o desaparición de un tipo de población vegetal, o un cambio de dominio al interior de una serie forestal.

Por último, nuestra Suma de Base=Suma total espora polínica, es decir que no hemos separado los taxa acuáticos ni las esporas de la Suma de Base, de esa forma seguimos el criterio de Planchais (1982), y así podemos comparar fácilmente con sus diagramas polínicos del Golfo de León (Planchais 1985).

Las determinaciones en el interior del grupo morfológico *Quercus* las hemos agrupado en los siguientes tipos polínicos:

Quercus caducifolios= *Quercus pubescens* Willd., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus faginea* Willd., *Quercus canariensis* Willd.

Quercus *suber*= *Quercus suber* L., *Quercus cerrioides* Willk. & Costa

Quercus *ilex*= *Quercus ilex* L., *Quercus coccifera* L., *Quercus rotundifolia* Lam.

DE LOS RESULTADOS POLÍNICOS (FIG. 5 Y 6)

Zona A, dos niveles, a -1900 y a -1850 cm.

Dos espectros polínicos discontinuos se han podido obtener en la zona basal de sedimentación, que probablemente corresponde a un intervalo esporádico, y localizado en ese momento, en la zona litoral de la

cuenca lacustre. La datación de estos espectros no es radiométrica, y puede atribuirse a la base del periodo Holocénico, es decir entre 10000 y 9000 años antes del presente (BP).

Esta zona presenta porcentajes arbóreos inferiores al 75%. El total de porcentajes del taxón *Quercus*, que incluyen tres tipos polínicos, alcanzan valores entre 30 y 45% con lo cual forman el principal bloque forestal representado en la Zona A. Es notable que el tipo polínico *Quercus* tipo *ilex-coccifera* es el menos representado en esta zona, mientras los tipos *Quercus* caducifolio y *Quercus suber* lo sobrepasan en la estructura arbórea regional. *Pinus* y *Corylus* presentan valores inferiores a 15%, mientras *Buxus* está bien representado (<4%). Los porcentajes de *Chenopodiaceae* y *Poaceae* son aún relativamente bajos (<12%), si los comparamos con las zonas más recientes.

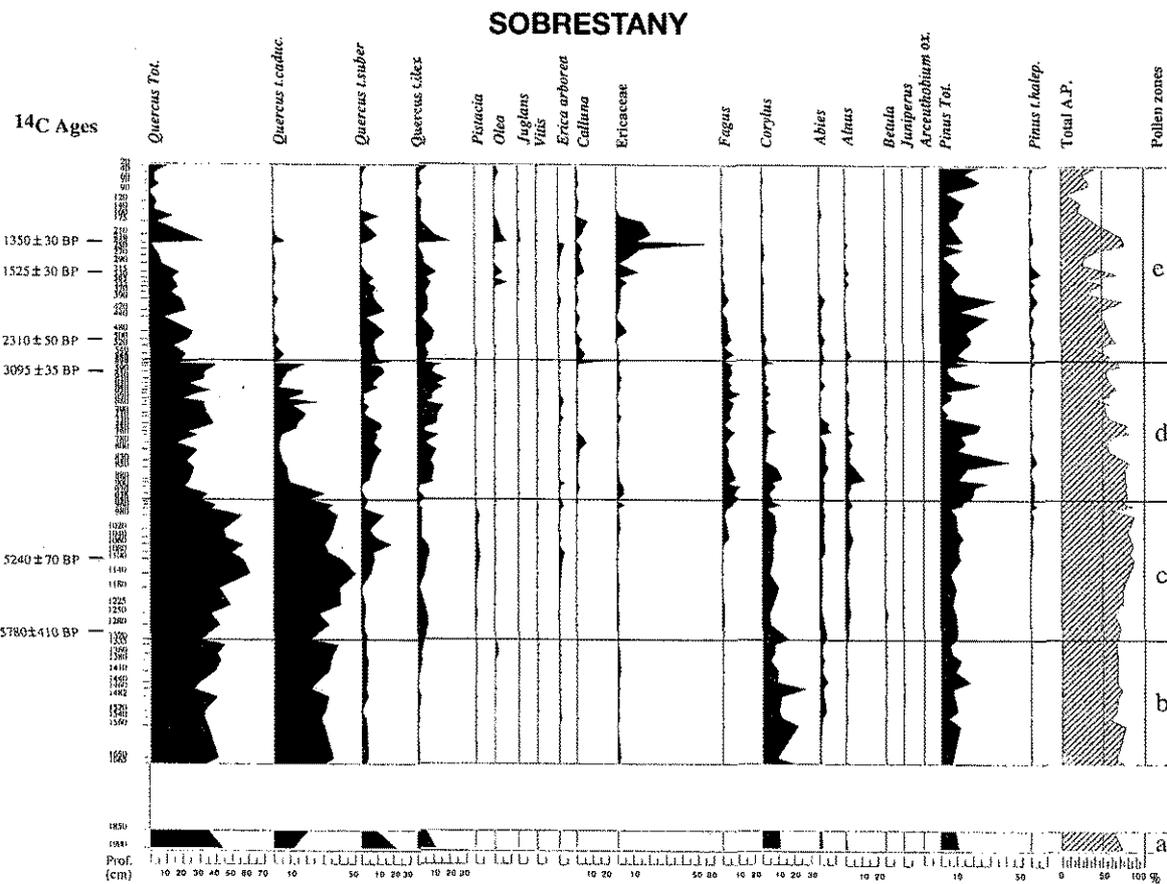
Zona B, doce niveles, entre -1665 y -1335 cm.

En esta zona comienza la sedimentación polínica continua en condiciones lacustres de aguas tranquilas, que parecen corresponder aún a una fase litoral poco profunda del paleolago de Sobrestany, al menos en el límite inferior de la zona polínica. El hiatus de sedimentación polínica en el que cambia la energía del sistema y aumentan los materiales de erosión puede corresponder a una fecha entre los 9000 a los 8500 años BP. La zona B coincide con el momento de expansión continental europea de *Corylus*, fechada en la bibliografía entre 8500 y 7000 años antes del presente (vid. *infra*: Síntesis de resultados polínicos)

Después del hiatus de sedimentación polínica observado entre -1840 y -1660 cm, se observan porcentajes arbóreos totales (AP) entre 60 y 80%, entre los cuales dominan tanto *Quercus* de tipo caducifolio (>35%) como *Corylus* (30%), mientras se registra la presencia continua pero débil de encinares y alcornoques. *Abies* y *Buxus* están igualmente presentes a escala regional (zona Pirenaica Oriental?) de forma significativa (>4%), mientras los porcentajes de las *Ericaceae* son bajos (<3%) los de las *Quenopodiaceae* y *Compositae* han aumentado hasta alcanzar valores superiores al 15%. El conjunto de taxones *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Typhaceae* está registrado de forma continua aunque con porcentajes inferiores al 6%, mientras los porcentajes de *Plantago* y de las *Umbelliferae* son inferiores al 1%.

Zona C: 24 niveles entre -1320 y -940 cm. Dos dataciones radiométricas entre -1320 y -1300 cm y -1120 y -1100 cm a 5780 ± 410 y 5240 ± 70 años antes del presente, respectivamente.

En esta zona se observa la instalación de condiciones lacustres no litorales, y el desarrollo de un bloque forestal caducifolio significativo, con un pico de 95 % de pólenes arbóreos, en el que destacan los distintos robles englobados en el tipo polínico *Quercus* caducifolio, con máximos de 60 %, así como la aparición del haya



38

Figura 5. Diagrama polínico de los taxones arbóreos, arbustos y lianas del sondeo Sobrestany con registro continuo o semi-continuo. 100%=Suma total de pólenes y esporas.

(*Fagus*) que formará hayedos-avellanares que ocuparían las estribaciones del anfiteatro altoampurdanés. *Abies* mantiene su presencia en la zona Pirenaica oriental. Destaca igualmente en el sector próximo a la cuenca de Sobrestany una mayor presencia de encinares y alcornoques, así como de pinedas litorales. Igualmente se observa la presencia esporádica del tipo polínico *Cerealia* que engloba en palinología mediterránea especies cultivadas y de gramíneas salvajes propias de los cordones y dunas litorales (*Ammophiletea*), coincidiendo con la aparición de *Olea* y *Pistacia* con lo cual puede representar tanto una eventual, y esporádica acción humana, como el registro polínico de asociaciones vegetales naturales de áreas litorales. Los valores de *Plantago*, *Compositae* y *Umbelliferae* aún mantienen registros bajos. La acción humana no aparece aún ni de forma continua ni de forma significativa en la llanura aluvial altoampurdanesa en este intervalo de tiempo representado en la Zona polínica C. Probablemente su presencia regional esté situada en áreas colindantes del anfiteatro de montañas altoampurdanesas, y el eco polínico de esa presencia se encuentre, eventualmente en el aumento de los valores de las *Ericaceae* y de algunos de los granos del tipo *Cerealia* que pueden corresponder a cultivos muy discontinuos en el tiempo y en

el espacio altoampurdanés. Esta presencia humana aprovecharía de espacios ya abiertos naturalmente porque no observamos aún ninguna dinámica propia de deforestación; al contrario, la dinámica forestal que se evidencia en esta zona es el desarrollo, no el colapso, del tipo forestal mediterráneo sub-húmedo. Por lo tanto, la acción humana que ya existe en el Alt Empordà debe situarse en áreas próximas al (o en el) anfiteatro montañoso.

Zona D: 28 niveles entre -935 y -555 cm. Con una datación radiométrica por aceleración próxima al límite superior de la zona polínica D, a -590 cm de 3095 años antes del presente (1145 años antes de la era).

En esta zona se alternan fases lacustres con fases lagunares, mientras la estructura forestal presenta un espectro polínico en el que han disminuido ligeramente los valores observados en la zona polínica precedente. Ahora tenemos que 50% < pólenes arbóreos < 90%, con lo cual observamos en algunos intervalos de esta zona polínica una regresión en las superficies ocupadas por el extenso bosque de la llanura aluvial altoampurdanesa, y de su anfiteatro de montañas de baja altitud. Paralelamente, dentro de la masa forestal, aumentan los porcentajes de las pinedas así como los de encinares y alcornoques, que pasan por una larga transi-

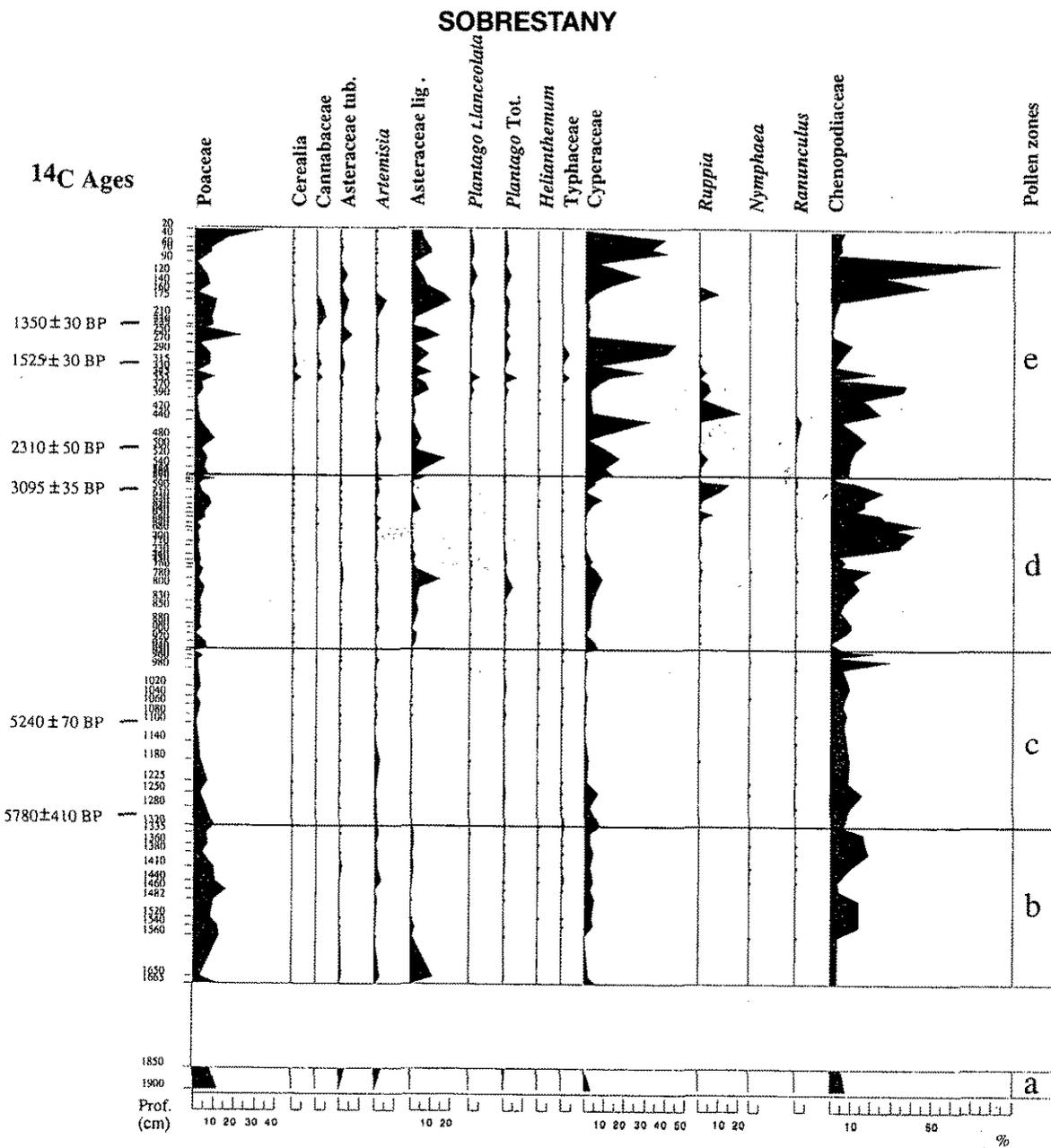


Figura 6. Diagrama polínico de los taxones no arbóreos del sondeo Sobrestany con registro continuo o semi-continuo. 100%=Suma total de pólenes y esporas.

ción, de aproximadamente 1700 años (de casi 4800 hasta 3095 años antes del presente) durante la cual los robledales representados en el tipo polínico *Quercus* caducifolia disminuirán y recuperarán, alternativamente, sus porcentajes (Fig. 7) hasta la consolidación de la estructura forestal sempervirente como la más importante del territorio estudiado (Fig. 1). Los hayedos así como los abetos muestran porcentajes más elevados que en la zona precedente, con lo cual la destructura del bloque forestal de los robles, no sólo favorece espacialmente a encinares y alcornoques en la llanura altoampurdanesa, sino también a *Fagus* y *Abies* a partir de las primeras estrabaciones del anfiteatro alto-

ampurdanés. *Olea* mantiene frecuencias bajas y discontinuas, mientras aumentan *Calluna* y *Erica arborea* como consecuencia de la menor superficie arbolada, que éstas reocupan. *Cerealia* mantiene porcentajes discontinuos, al igual que se observan muy bajos porcentajes de *Plantago* sp. y *Plantago lanceolata*. La cuenca del paleolago registra en este intervalo de tiempo modificaciones significativas que se traducen en valores significativos de *Chenopodiaceae* (45% puntualmente) y *Compositae*, mientras aumentan igualmente los porcentajes de *Cyperaceae* y *Poaceae* (*Phragmites*), mostrando una alternancia de suelos halomórficos con cañizares con una típica vegetación lacustro-lagunar.

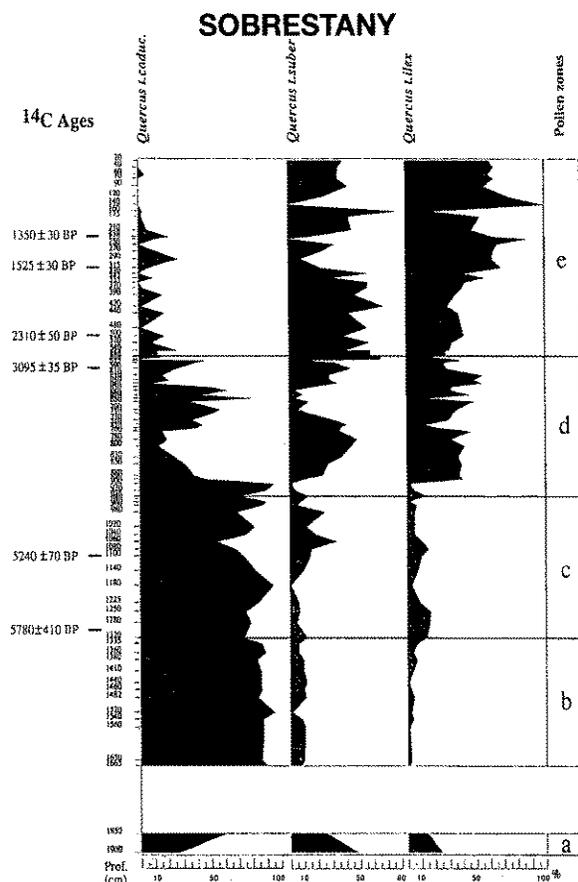


Figura 7. Diagrama polínico del grupo *Quercus*, donde 100%=Suma Total de los tres tipos morfo-polínicos diferentes de *Quercus*. Se observa que la transición entre una estructura caducifolia y otra semperviente ocurre entre ca. 4 800 años BP y 3 000 años BP. Cuando llegan los griegos orientales, el bosque ya había cambiado a encinares y alcornoques.

Zona E: 27 niveles entre -540 y -20 cm. Se disponen de 3 dataciones radiométricas a -500 cm: 2350 años antes del presente (360 BC); -330 cm: 1525 años antes del presente (425 años de la era) y a -220 cm: 1350 años antes del presente (600 años de la era).

Esta zona polínica coincide con la colmatación de la cuenca lacustro-lagunar de Sobrestany, así como se caracteriza por la caída progresiva de los porcentajes de pólenes arbóreos, mientras aparece una imagen polínica clara del sistema de agricultura intensiva, denominado en los tratados agrícolas romanos *Arbutum*. Este sistema de explotación muy intensiva del espacio consiste en el cultivo simultáneo y coincidente espacialmente de cereales y arboricultura, entre la que destaca la viticultura, la oleicultura, y en el caso altoampurdanés el cultivo de nogales (*Juglans*). Por comparación con los datos de Planchais en la zona del Languedoc (Planchais 1982), así como por interpolación de las fechas radiométricas de nuestros sondeos, proponemos que la línea *Juglans* aparece en Sobrestany

hacia el cambio de era. Sin embargo resulta notorio que la sincronía de *Cerealia*, *Juglans*, *Olea* y *Vitis* se alcanza, a la par que grandes y significativas deforestaciones de la llanura altoampurdanesa, en un periodo fechado radiométricamente, que corresponde con el final del Imperio Romano, en el límite del siglo V de la era, y con una extensísima acción agrícola y ganadera sobre la totalidad de la llanura aluvial altoampurdanesa y en sus contrafuertes montañosos hacia el año 600 de la era, es decir en periodo visigótico. Los altos porcentajes de *Calluna*, *Erica arborea*, *Plantago lanceolata*, *Artemisia*, *Cistus*, Cannabaceae y elevados porcentajes de *Compositae* nos señalan una acción antrópica extensa, y sobre todo continua en el tiempo y en el espacio, pues durante más de 200 años no se observa una disminución significativa de la presión antrópica (entre 400 y 600 de la era), en la que se incluye una presión ganadera sobre el espacio ampurdanés muy significativa. Dentro de la misma zona polínica E, en su parte inferior es decir datada en el periodo helénico, la acción humana es visible pero aún no alcanza la continuidad espacial y temporal del periodo bajoimperial y visigótico. En la fase sedimentaria propiamente republicana y altoimperial la acción antrópica es principalmente agrícola, cerealera probablemente, pero aún persisten elementos del bosque muy significativos, como *Fagus*, *Quercus* caducifolios y encinares y alcornoques, que se recuperan de los impactos causados por las deforestaciones de la llanura altoampurdanesa y de sus estribaciones del anfiteatro de bajas montañas próximas. La curva de *Fagus*, a este respecto, nos muestra una interesante historia de más de 680 años de declive y desorganización de su estructura forestal, entre casi 360 antes de la era y 400 años de la era, recuperándose hasta 4 veces a lo largo de ese periodo, hasta desaparecer totalmente con el embite espacial visigótico, en el cual hay un gran desarrollo de la ganadería. Para la arqueología de la zona es interesante destacar que, según nuestro registro polínico de Sobrestany, el máximo de producción oleícola altoampurdanesa no es ni republicana ni altoimperial, sino sobre todo bajoimperial y visigótica.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS POLÍNICOS DE SOBRESTANY

Desde la base del diagrama hasta 1145 antes de la era, los elevados porcentajes polínicos arbóreos testimonian la presencia continua de una estructura forestal en la llanura y en los contrafuertes montañosos del Alt Empordà. Esta estructura forestal era rica en elementos caducifolios. En la zona polínica B los elevados porcentajes de avellano (*Corylus*) se observan claramente con anterioridad a la fecha radiométrica de 5780+/-410 años antes del presente. Lateralmente

en el diagrama de Olot, a 50 kilómetros de la costa, Pérez (1987) encuentra porcentajes comparables de este taxón fechados entre 7000 y 8000 años antes del presente, la misma hipótesis puede ser avanzada al tener en cuenta los datos de Planchais *et alii* (1984) para la zona vecina del Languedoc-Rousillon. Posteriormente, los máximos valores arbóreos de todo el registro de Sobrestany son alcanzados en la zona polínica C, hacia 5000 años antes del presente.

Con posterioridad a 5000 años, hacia 4800 años antes del presente, el bosque comienza a sufrir una transformación significativa, pues se aprecia una sucesión forestal entre *Quercus caducifolios*, encinares y alcornoques, éstos últimos a lo largo de varios cientos de años van a disputar al robledal su lugar en la llanura altoampurdanesa. Estos cambios coinciden con el eco polínico de acciones antrópicas que pueden comportar cierta deforestación aún muy puntual, quizás en las zonas más alejadas de la llanura, sobre áreas naturalmente desprovistas de bosques, con lo cual su impronta a nivel de deforestación queda disminuida en nuestro diagrama polínico. La debilidad de esta señal antrópica queda reflejada por el aumento de la estructura forestal a cada leve disminución de porcentajes arbóreos observada, es decir el clima más húmedo que el actual y la acción esporádica (<200 años) no intensiva, autoriza la recuperación de cualquier espacio forestal perdido en un momento dado, con especies caducifolias de roble y progresivamente de encinares y alcornoques, enriquecidas aún con especies mesófilas.

Por lo tanto el clima del sector fue diferente al actual, que registra un prolongado periodo seco estival comparable al de la zona litoral central de Cataluña (Panareda/Nuet 1979; Parra 1993). En ese largo intervalo que va del ca. 8000 al 4800 años antes del presente, el registro polínico documenta una estructura propia de bosques mediterráneos sub-húmedos, como el actual bosque retro-dunar del litoral del Circeo, en el Lazio meridional (Padula 1985). Aunque aún no podemos explicar convenientemente la sucesión de *Fagus*, sabemos claramente que este fenómeno comenzó, localmente, hacia 5240 años antes del presente, conjuntamente con aún significativas superficies de avellanares, y que posteriormente, hacia 4800 años, aproximadamente, es sincrónico con el desarrollo espacial, litoral y juxtalitoral, de alcornoques y encinares.

Siempre al interior de una estructura forestal, hacia 3000 años antes del presente observamos un hecho biológico mayor: los árboles que dominan el paisaje ya no son los mismos que aquellos de épocas anteriores (Figs. 5 y 7). En efecto, los taxones del *Quercetum mixtum* dan paso a encinares y alcornoques a los que acompañan lateralmente pinedas, y manchas aún significativas de hayedos en los sectores elevados del anfiteatro altoampurdanés. Este cambio de dominio no coincide con la presencia de valores significativos (porcen-

tajes elevados y/o constantes) de marcadores de la acción antrópica (Figs. 5 y 6), entre 4800 y 3000 años antes del presente, que puedan dar cuenta de la magnitud del cambio operado al interior de la estructura forestal. Una información independiente obtenida sobre materiales carpológicos y antracológicos de la misma comarca parece coincidir con los rasgos fundamentales detectados por el registro de Sobrestany (Buxó/Ros 1999).

La acción antrópica deviene evidente a partir de un periodo próximo a las colonizaciones, aunque la explotación continua espacial y temporal del bosque de la llanura aluvial del Alt Empordà no se alcanza hasta el Bajo Imperio romano y especialmente en el periodo visigótico. En este momento no se observa una solución de continuidad espacial en la arboricultura acompañada de cereales, alcanzando en determinados momentos a toda la llanura aluvial y a las montañas, que se ven afectadas, además, por una masiva actividad ganadera. A pesar de esto, la vegetación arbórea tiende a recuperar los espacios perdidos, cuando esta presión afloja, sin embargo el conjunto de taxones forestales que están disponibles para realizar esta recuperación espacial puntual son los que corresponden al encinar adaptado a condiciones de veranos secos, con pocos elementos del antiguo bosque mediterráneo sub-húmedo que comenzó a deestructurarse entre ca. 4800 y 3000 años antes del presente (ca. 2550 y 1050 antes de la era).

LOS TRES SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN ESPACIAL DEL TERRITORIUM AMPURITANO

A través de las variaciones porcentuales polínicas del diagrama de Sobrestany puede observarse una serie de hechos que permiten proponer la existencia sucesiva de al menos 3 sistemas de explotación espacial, que han dejado su impronta en la estructura de la vegetación comarcal altoampurdanesa. Estos tipos son propios de esta comarca y sólo en condiciones similares ecológicas podrían observarse eventualmente en otros territorios del contorno mediterráneo, se trata pues de una observación local que representa la expresión altoampurdanesa de diversos sistemas de explotación espacial del mundo antiguo.

1. EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN TIPO *DOMUS ANTICUS*

Este tipo de acción corresponde al periodo anterior a 1350 antes de la era, es decir entre la fase final del neolítico y el bronce antiguo, con una agricultura desarrollada sobre espacios abiertos naturalmente ya en el bosque sub-húmedo mediterráneo altoampurdanés, ya en las estribaciones colindantes del anfiteatro de montañas litorales y juxtalitorales de esta comarca.

Se trata principalmente de una agricultura cerealera de subsistencia de la unidad productiva tribal.

En efecto, esta acción agrícola puntual en el tiempo y en el espacio (temporalmente inferior a 200 años continuados) no afecta la capacidad de recuperación de la estructura del bosque.

Esta acción humana agrícola puntual no se instala en el centro de la masa boscosa sino que busca los espacios marginales o naturalmente abiertos, tales como calveros, próximos a cambios de pendiente, o suelos pobres en nutrientes que evitan un desarrollo forestal pleno (Magri com. pers. 2003). En otros casos esta acción se concentra en la cercanía de espacios abiertos en lugares próximos a los ríos o arroyos alto-ampurdaneses o al propio paleolago de Sobrestany.

2. EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA TIPO COLONIAL

Sensu stricto proponemos que este sistema comienza desde el nivel datado en el siglo IV antes de la era, sin embargo observamos un periodo de transición en el que emergen, paulatinamente, los rasgos principales de este sistema desde principios del último milenio antes de la era (terminología arqueológica). El sistema Colonial produce excedentes agrícolas de forma irregular, pues no observamos una progresión de impactos de deforestación en el diagrama polínico; este sistema abarca todo el periodo helénico, republicano y, quizás, altoimperial. El sistema colonial afecta paños de diversa superficie del bosque esclerófilo mediterráneo a veces por espacio superior a 200 años continuados; sin embargo el bosque aún es rico en su límite altitudinal oriental y occidental en especies caducifolias y mesófilas. Estas especies mantienen su capacidad estructural de recuperar el espacio perdido apenas afloja la presión antrópica, que es principalmente de cultivo cerealero, porque la olivocultura y la viticultura observada en este intervalo de casi 400 años (siglo IV antes de la era hasta un momento impreciso aún entre el cambio de era y el Bajo Imperio) no es del tipo extensivo que observamos a continuación en el periodo bajoimperial y visigótico.

La vegetación arbórea durante el desarrollo de este sistema Colonial llegó a recuperarse hasta 4 veces, confundándose a veces la señal antrópica con la señal climática, que marca una tendencia progresiva hacia un clima más seco, substituyéndose así los antiguos bosques sub-húmedos de la llanura aluvial del Alt Empordà, por otros esclerófilos (Parra 1993).

Aunque carecemos aún de dataciones absolutas de la transición republicano-imperial, podemos proponer provisionalmente, en base a la tasa de sedimentación entre diferentes dataciones absolutas, (desde 340 antes de la era a 400 de la era) que el sistema Colonial transita desde formas cerealísticas con poca arboricultura hacia

otro momento –altoimperial– netamente arboricultor, aunque esta transición no es progresiva, ni ocupa extensivamente el espacio.

Ciertamente la acción humana, con este sistema agrícola Colonial pudo terminar de acelerar la transición natural (adaptación) de las masas forestales primitivas altoampurdanesas hacia los encinares que se encuentran los colonizadores greco-helénicos y romanos al momento de llegar al Ampurdán.

3. EL SISTEMA AGRÍCOLA INTENSIVO TIPO ARBUTUM

Este sistema, claramente identificado en el diagrama polínico de Sobrestany, comienza en un momento aún impreciso entre el cambio de era y el Bajo Imperio, probablemente siglo II de la era, y culmina de forma muy extensiva en el periodo visigótico, a inicios del siglo VII de la era. Este sistema está volcado a una producción intensiva no sólo de cereales sino también de olivo, documentada por la muy significativa presencia de porcentajes de pólenes de cereales y olivos en el diagrama de Sobrestany.

Así, el sistema *Arbutum* consiste en la explotación agrícola intensiva del territorio altoampurdanés combinando cerealicultura con arboricultura, principalmente olivocultura, viticultura y cultivo de nogales. Este sistema de explotación continua en el espacio y en el tiempo afectó profundamente no sólo la densidad forestal de la llanura aluvial ampuritana sino también su estructura. Además, como ya hemos dicho más arriba, este sistema aparece relacionado, sobre todo en el periodo visigótico, con una muy intensa actividad ganadera, que afecta también la estructura espacial del Alt Empordà.

Desde aproximadamente el 200 hasta el 700 de la era, en el espacio altoampurdanés se observa una explotación de tal intensidad, en nuestro diagrama polínico lacustro-lagunar, que termina por desorganizar completamente la capacidad de recuperación del rico bosque esclerófilo comarcal, y así podemos proponer que durante intervalos muy largos, superiores a los 200 años, no hay solución de continuidad a la acción agrícola muy intensiva tardoromana y visigótica en el espacio altoampurdanés.

CONCLUSIONES

La huella de la acción humana sobre el paisaje vegetal altoampurdanés es notoria a través de la sedimentación esporo-polínica del diagrama de Sobrestany desde un momento aún sin datar que corresponde a la transición República-Bajo Imperio. El máximo impacto se alcanza durante el periodo final del Bajo Imperio y el periodo visigótico, con arboricultura, cereales y ganadería.

Sin embargo, un eco de acciones humanas de diferente intensidad, pero muy discontinuas en el tiempo y en el espacio se puede percibir en la sedimentación esporopólinica de Sobrestany desde el III milenio antes de la era. Esta acción antrópica difusa en sus inicios se estructura sobre todo durante el último milenio antes de la era, y particularmente a partir del siglo IV antes de la era.

La acción humana no desarticula el antiguo bosque caducifolio altoampurdanés, que está registrado desde la base de la sedimentación de Sobrestany, hace más de 8500 años antes del presente (VII milenio antes de la era) hasta aproximadamente 4800 años antes del presente (III milenio antes de la era). Este registro polínico documenta un bosque caducifolio rico en diferentes especies mesófilas, que pasa por un periodo de transición de casi 1500 años, antes de adaptarse a condiciones climáticas más áridas, probablemente veranos secos progresivamente más prolongados (Parra 1988). Al final de este periodo de transición (adaptación), hacia el 3000 antes del presente (I milenio antes de la era), en la llanura altoampuritana se encuentra instalado un encinar rico en especies caducifolias, pero éstas ya no constituyen el componente principal de la masa forestal comarcal.

El sistema de explotación agrícola registrado polínicamente que afecta la vegetación comarcal, tiene ciertamente una matriz romana clásica: el sistema *Arbutum*. Sin embargo su máximo auge, y extensión superficial, es alcanzado al final de dicho periodo esclavista, y alcanza su máxima extensión territorial durante el periodo visigótico. Retenemos como hipótesis de trabajo histórica, que emerge de este análisis, que la misma técnica agrícola tendría un impacto mayor en el espacio porque su contexto socioeconómico, es decir las relaciones de producción y de propiedad bajo las que fue aplicada, fueron diferentes a las típicamente esclavistas. A este factor probablemente se le debería sumar un eventual aumento de la densidad demográfica comarcal, y el cambio operado en las relaciones geopolíticas del mar interior durante la transición Bajo Imperio-periodo visigótico. En este sentido cabe señalar que si el máximo impacto ambiental visigótico del siglo VII, registrado en nuestro diagrama, comienza de hecho a gestarse en el periodo final romano, podemos preguntarnos si las relaciones de producción, y/o la densidad demográfica, altoampurdanesas bajoimperiales no habían registrado ya variaciones significativas con respecto al modelo clásico esclavista de propiedad y explotación de la tierra. Este sistema clásico no presenta un impacto tan intenso sobre la vegetación natural del Alt Empordà quizás porque muchos productos agrícolas eran importados, dentro del gran circuito de comercio republicano-imperial.

A pesar de que la Neápolis y la ciudad romana de Empúries reducen drásticamente su actividad urbana hacia

el siglo III de la era (Aquilué/Burés 1999), en tanto que Centro de Intervención espacial (Carbonell *et alii* 1983), sin embargo, es obvio a través del registro palinológico de las actividades humanas de ese periodo, y hasta los visigodos, que en el Alt Empordà existió ciertamente un (os) Centro (s) de Intervención desde el (los) que se articuló y usufructuó el espacio explotado por la arboricultura, los cereales y la ganadería. La producción agrícola generada por esa explotación intensiva fue al menos un orden de magnitud superior, en el registro polínico, a la que se obtuvo a lo largo de los periodos y sistemas de explotación anteriores. Deducimos pues que esta actividad agrícola fue, probablemente, de tipo exportador.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Xavier Aquilué, director del Museu d'Arqueologia de Catalunya-Empúries su ayuda para actualizar y orientar hacia un enfoque histórico los datos polínicos obtenidos en el sondeo Sobrestany.

Los sondeos de este trabajo fueron financiados por el Museo Arqueológico de Barcelona el año 1984, una beca CIRIT fue otorgada a IP para realizar el análisis polínico del material en la Universidad de Montpellier, el año 1987.

La colaboración entre el Observatorio de Impactos Ambientales del Levante Almeriense, OBAL-LEAL con el Museo de Empúries y la Universidad de Toulouse ha permitido realizar el año 2003 un cuarto sondeo en la cubeta de Sobrestany para verificar aquella secuencia estratigráfica descrita el año 1984 con la colaboración de Ramón Julià y completar el cuadro actual de 6 dataciones, sobre todo durante el último milenio antes de la era; estas dataciones del nuevo sondeo aún no se han recibido en el momento de publicar este artículo.

Este trabajo final ha sido financiado, a su vez, parcialmente tanto por el Programa CMed/009 de OBAL-LEAL como por el proyecto de cooperación entre la región Midi-Pyrénées y Catalunya en el cuadro del programa de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos.

ANEXO I

El coeficiente de observación propuesto empíricamente por Pierre Cour permite obtener análisis de láminas homogéneas y por lo tanto comparables, tanto con diferentes registros fósiles, así como con observaciones aeropolínicas; el cálculo del coeficiente se realiza del siguiente modo: $f\% = (v/V \times 1/L) \times 100$, Cour determinó a través diferentes análisis de miles de láminas que éstos son representativos del Volumen total del sedimento analizado si $f\% > 0.1\%$ del volumen total.

Donde:

v= volumen analizado

V= volumen total del residuo recuperado del tratamiento del sedimento

l= ancho de la lámina observado

L= ancho total de la lámina

En el análisis de los sedimentos de Sobrestany:

El valor mínimo de f%= 0.25 en -980 cm.

El valor máximo de f%= 20.01 en -235 cm

BIBLIOGRAFIA

AQUILUÉ, X., BURÉS, L. 1999, La ciutat en la antiguitat tardana : Fase V, *Intervencions arqueològiques a Sant Martí d'Empúries (1994-1996). De l'assentament precolonial a l'Empúries actual*. Monografies Emporitanes 9, 389-422

BOLÒS de, O. VIGO, J. 1984, *Flora dels Països Catalans*, volum 1, Editorial Barcino, Barcelona.

BUXO, R., ROS, M.T. 1999, Annex B: Anàlisis i estudis especialitzats, *Intervencions arqueològiques a Sant Martí d'Empúries (1994-1996). De l'assentament precolonial a l'Empúries actual*, Monografies Emporitanes 9, 589-611

CAMBON, G. 1981, Relations entre le contenu pollinique de l'atmosphère et le couvert végétal en Méditerranée occidentale : Montpellier (France), Valencia(Espagne) et Oran (Algérie), *Thèse de spécialité, Université Montpellier*, Montpellier.

CARBONELL, E., CEBRIA, A., ESTEBAN, A., MORA, R., PARRA, I. 1983, Aproximació crítica a l'estudi dels espais prehistòrics. *Estudis d'Història Agrària* 4, 89-99

CARRIÓN, J., PARRA, I., NAVARRO, C., MUNERA, M. 2000, Past distribution and ecology of the cork oak (*Quercus suber*) in the Iberian Peninsula: a pollen analytical approach, *Diversity and Distribution* 6, 29-44.

COUR, P. 1974, Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques ; étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol, *Pollen et Spores* 16 (1), 103-141.

FAEGRI, K., IVERSEN, J. 1975, Textbook of modern pollen analysis, *Ejnar Munnsksgaard*. Copenhagen.

FOLCH, R. 1981, *La vegetació dels Països Catalans*. Ketres editora, Barcelona.

MARQUÉS, M. A. (Ed.) 1986, *Symposium on man's impact on coastal environment. N.E. spanish mediterranean coast*, Barcelona

PADULA, M., 1985, Aspetti della vegetazione del Parco Nazionale del Circeo. *Webbia* 39 (1), 29-110.

PANAREDA, J. M., NUET, J. 1979, El clima i les aigües dels Països Catalans. In: Riba, O., de Bolòs, O., Panareda, J. M., Nuet, J., Gosàlbes, J. (eds), *Geografia Física dels Països Catalans*, Barcelona, 69-103

PARRA, I. 1988, *Analyse pollinique du bassin de Sobrestany (Girona, Catalunya): Action anthropique et changements climatiques pendant l'Holocène*, Diplôme Sc. Terre et de la Vie EPHE.

PARRA, I. 1993, Desplaçaments latitudinals de la vegetació al litoral mediterrani durant els darrers 8500 any. Un enfocament pol·lìnic i climàtic, *Revista Catalana de Geografia* 21, Barcelona, 37-44.

PEREZ OBIOLS, R. 1987, *Evolució del paisatge vegetal quaternari a les zones d'Olot i Sils*, Tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra (inèdita).

PLANCHAIS, N. 1982, Palynologie lagunaire de l'étang de Mauggio. Paléoenvironnement végétal et évolution anthropique, *Pollen et spores* 24 (1), 93-118.

PLANCHAIS, N. 1985, Analyses polliniques du remplissage holocène de la lagune de Canet (plaine du Roussillon, dept. Pyrénées Orientales). In : de Beaulieu, J.L., Pons, A. (ed.), Paleohydrological changes in the temperate zone in the last 15000 years, *Écologia Méditerranée* 11 (1), 117-127.

PLANCHAIS, N., GADEL, F., BARUSSEAU, J. P., BUSCAIL, R. 1984, Palynologie et sédimentologie d'un dépôt vaso-tourbeux daté de 7 000 ans B.P. situé à Saint Cyprien (Pyrénées-Orientales). *C.R.Acad. Sc. Paris*, t. 290, série III, n° 11, 321-323.