

Gestión del combustible leñoso e impacto medioambiental asociados a la metalurgia protohistórica de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia)

Gestion du bois de feu et impact environnemental associés à la métallurgie protohistorique de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia)

María Soledad García Martínez (*)
María Milagrosa Ros Sala (**)

RESUMEN

Las estructuras de combustión de carácter metalúrgico documentadas en las fases de la ocupación de los siglos VII-I a.C. de Punta de los Gavilanes han permitido abordar el estudio antracológico del combustible leñoso asociado a siete de ellas facilitando información relativa a las pautas de gestión de los recursos forestales del entorno para el abastecimiento de los hornos, así como a la intensidad del impacto medioambiental generado por las labores de recolecta.

Los resultados obtenidos documentan una amplia variabilidad taxonómica que se distribuye siguiendo tendencias similares en los hornos analizados. Las conclusiones apuntan a que el combustible leñoso fue recolectado en puntos del entorno inmediato al promontorio, sin constatar patrones de selección sobre los taxones, ni atendiendo a sus propiedades ni a la funcionalidad de las estructuras. La degradación ecológica producida por estas actividades tuvo un alcance muy limitado, ya que no se aprecian alteraciones destacables en la señal antracológica.

RESUME

Les structures de combustion à caractère métallurgique découvertes aux phases d'occupation des VII^{ème}-I^{ère}

(*) CNRS-MnHn, UMR 7209 "Archeozoologie, archéobotanique". Batiment d'Anatomie comparée, CP 56, 55 rue Buffon, F-75005 Paris (France). Correo electrónico: marisol.garcia@mnhn.fr

(**) Departamento de Prehistoria, Arqueología, Historia Antigua, Historia Medieval y CC.TT. Historiográficas, Facultad de Letras, Universidad de Murcia. C/ Santo Cristo, 1. 30001-Murcia.

Recibido: xx-xx-xxxx; aceptado: xx-xx-xxxx.

siècles av. J.C. de Punta de los Gavilanes ont permis d'aborder l'étude anthracologique du combustible ligneux associé à sept de ces structures. Les objectifs ont été, en premier lieu, obtenir une information relative aux règles de gestion des ressources forestières de l'environnement pour l'approvisionnement des fours et, en second lieu, évaluer l'intensité de l'impact environnemental produit par les activités de récolte.

Les résultats ont permis l'identification d'une grande variabilité taxonomique qui est distribuée avec des tendances semblables dans les différents fours analysés. Les conclusions indiquent que le combustible ligneux a été récolté aux zones proches au site. On n'a pas constaté des règles de sélection sur les essences, ni par rapport avec ses propriétés ni avec la fonctionnalité des structures. La dégradation écologique produite par ces activités a été très limitée, puisqu'on n'apprécie pas de modifications remarquables dans les données anthracologiques.

Palabras clave: Antracología; Plata; Sureste de la Península Ibérica; Protohistoria.

Mots clés: Anthracologie; Argent; Sud-est de la Péninsule Ibérique; Protohistoire.

1. INTRODUCCIÓN

Entre las variables que intervienen en el proceso productivo de la metalurgia, el combustible leñoso que alimenta las estructuras de combustión posee un gran potencial interpretativo, en tanto fuente de análisis sobre patrones socio-económicos relacionados con las preferencias en la recolecta de dicho combustible, atendiendo a sus propiedades, a la especificidad del proceso productivo o a la particular morfología de cada es-

estructura. Por otra parte, y aun teniendo en cuenta la limitada representatividad paleoecológica de este tipo de registros (Chabal 1992), el estudio del combustible puede indicar también la disponibilidad de recursos forestales en el entorno inmediato de los asentamientos durante el desarrollo de la actividad metalúrgica.

Pese a que contamos con algunas referencias, geográficamente muy dispersas, de estudios antracológicos en los que ha podido ser estudiado el combustible leñoso derivado de actividades metalúrgicas de distinta índole y cronología (Zapata 1997; Marguerie 2002; Maufras y Fabre 1998), estamos muy lejos por el momento de poseer un corpus de datos ajustados a criterios regionales, cronológicos y funcionales que nos permita una aproximación fiable a la existencia o no de paralelismos en la gestión de este tipo de leña.

Nuestra contribución aporta nuevos datos al respecto procedentes del estudio del carbón asociado a siete estructuras de combustión de naturaleza metalúrgica documentadas en el yacimiento costero de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia). El interés de este enclave en la discusión se debe a que allí la metalurgia de la plata se convirtió en actividad productiva desde al menos el siglo VII a.C., su importancia se incrementó hacia los siglos IV-III a.C., cuando constituyó su única función en una cadena operativa territorial (Ros Sala 2005), manteniendo su actividad prácticamente hasta su abandono definitivo hacia mediados del siglo I a.C.

2. LOCALIZACIÓN DEL ASENTAMIENTO. CONTEXTUALIZACIÓN ARQUEOLÓGICA Y FUNCIONAL DE LOS DATOS

El yacimiento arqueológico de Punta de los Gavilanes (37° 34' 29" N, 2° 24' 32" W) se sitúa en el Sureste de la Península Ibérica, en el centro de la Bahía de Mazarrón, sobre un bajo promontorio rocoso que forma parte de la línea de costa de este municipio (Fig. 1). El enclave, jalonado por sierras litorales (545 m de altitud máxima), se inserta en la llanura aluvial de la inmediata Rambla de Las Moreras.

Se interviene de modo sistemático en el mismo desde 1998, dentro de un proyecto de investigación integral que estudia el poblamiento del entorno de la desembocadura de la Rambla de Las Moreras desde el II milenio a.C. Su secuencia estratigráfica presenta cuatro fases bien diferenciadas (Ros Sala 2005). Se inicia en la Edad del Bronce (fase GV-IV), donde aparecen restos asociados a la normativa cultural propia de la Cultura del Argar (2210-2030 cal. BC 2σ , 1680-1490 cal. BC 2σ) (Tab. 1). Todavía no se registran indicios de metalurgia y sí de una subsistencia orientada sobre todo a las actividades pesqueras, con evidencias de toda la cadena operativa, desde la pesca hasta el tratamiento del pescado para su conservación (Ros Sala *et al.* 2008).

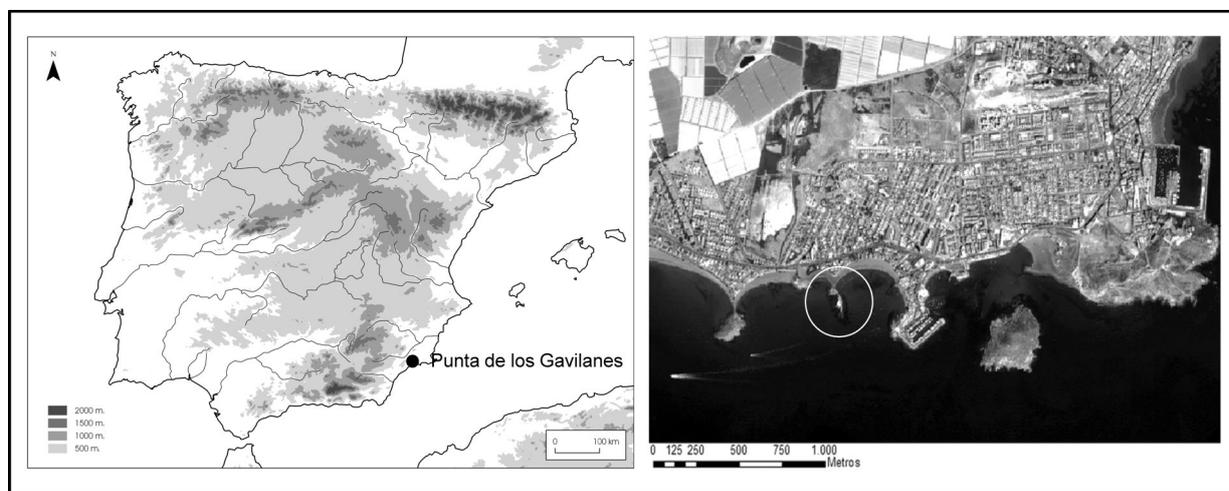


Fig. 1. Situación de la Punta de los Gavilanes en la Península Ibérica y en la costa de Mazarrón.

REFERENCIA	FASE	MATERIAL	FECHA BP	CAL BC 1 σ	CAL BC 2 σ
KIA-32355	GV-IV	carbón	3730 \pm 30	2090-2040	2210-2030
KIA-37604	GV-IV	semillas	3300 \pm 35	1620-1525	1680-1490
KIA-40415	GV-III	carbón	2525 \pm 30	650-590	700-530

Tab. 1. Dataciones radiocarbónicas de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia). Calibración realizada con el programa OxCal v3.10 (Bronk Ramsey 2005).

De la fase protohistórica, Gavilanes III (GV-III), se han conservado apenas algunos restos estructurales, puesto que la factoría metalúrgica que ocupó el promontorio en la etapa siguiente los arrasó en gran medida. Parece que fue un asentamiento de carácter estable desarrollado durante los siglos VII y VI a.C. (700-530 cal. BC 2 σ) (Tab. 1), de raíz fenicia occidental, asociada a actividades comerciales y, por primera vez, a la explotación de los recursos argentíferos del polígono minero de Mazarrón (Ros Sala 2005).

Las evidencias de metalurgia en esta fase son también muy escasas. Se ha estudiado el combustible leñoso asociado a la Estructura Metalúrgica 11TS (TS = Terraza Superior) (Fig. 2), ubicada en el Departamento 7TS. Estaba levantada sobre el suelo y quedó arrasada por la construcción de una nueva edificación –ya de la siguiente fase, Gavilanes II– identificada como Departamento 5TS. Sólo conservaba restos de bloques de arenisca quemados, acumulaciones de cenizas y fragmentos de copelas residuales, localizadas principalmente en la zona central de la concentración estructural de arenisca.

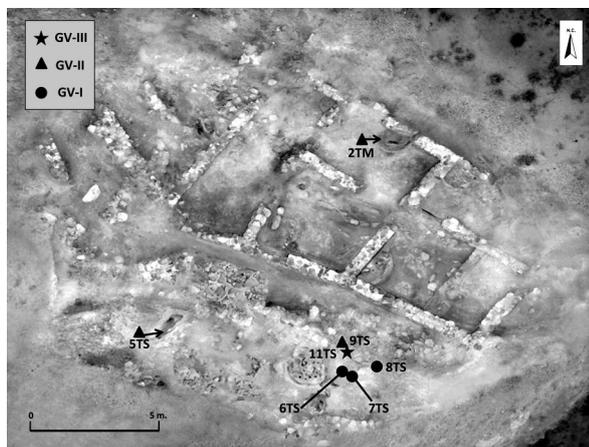


Fig. 2. Situación de las estructuras metalúrgicas estudiadas en la Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia).

En la primera mitad del siglo IV a.C. (GV-II) el promontorio estuvo dedicado exclusivamente a la actividad metalúrgica sobre minerales de plomo para el beneficio de la plata mediante la copelación del plomo argentífero. Esta nueva fase supone una amplia remodelación urbanística del promontorio, que incide negativamente en los niveles fenicios sobre todo y también en los más tardíos de la ocupación del Bronce, por la importante remoción de niveles previos y el reacondicionamiento de algunas de sus estructuras. La nueva edificación industrial, relacionada nuevamente con la metalurgia, se identifica con una compleja factoría que vertebra su espacio en torno a unidades de producción relacionadas con el proceso de copelación, llevado a cabo en, al menos, 6 estructuras metalúrgicas –no todas excavadas– durante los siglos IV-III a.C. Las relaciones estructurales leídas desde la estratigrafía han permitido identificar el uso de esta edificación a lo largo de tres horizontes constructivos, durante los cuales se remodelan los elementos estructurales y funcionales de la factoría, desde la primera mitad del siglo IV hasta el final del III a.C. En su último cuarto se abandona como consecuencia, probablemente, de los acontecimientos derivados de la toma de Kart-Hadast (Ros Sala 2005).

Se han analizado los carbones asociados a tres de las estructuras metalúrgicas de la factoría. La Estructura 2TM (TM = Terraza Media) (Fig. 3) se documentó adosada a la zona central del muro norte del Departamento 1TM. Su excavación permite entrever cómo pudieron funcionar estas estructuras. Se trata de una planta pseudocircular para la parte inferior, rebajada en su alzado probablemente para facilitar la evacuación del litargirio flotante en el proceso de copelación y su recogida en recipientes ubicados sobre un rebanco de adobe. Diferente es la estructura del identificado como Horno 5TS (Fig. 3). Parece un horno de cuba con solero inicial excavado en la arenisca de base del promontorio. Posee en su parte baja, sobre la pared occidental de lo que sería el inicio de la cuba, dos aberturas destinadas posiblemente



Fig. 3. Estructuras metalúrgicas 5TS (izquierda) y 2TM (derecha) de la Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia) (T = terraza; M = media; S = superior).

a la inducción de aire desde fueles. Un tercer orificio de mayores dimensiones y ubicado en relación directa con el solero, pudo ser utilizado como sangrador de la escoria producida (Ros Sala *et al.* 2003). La tercera, Estructura Metalúrgica 9TS (Fig. 2), ubicada en el interior del departamento industrial 5TS, por la morfología de los restos y ubicación, contra el zócalo de piedra del muro sur de esta última dependencia, reproduce el patrón constructivo descrito para la estructura metalúrgica 2TM. Se define por una concentración de ceniza de color blanquecino y forma oval, delimitada al Este por un anillo de adobe rubefactado y más degradado en su lado oriental, sentido hacia el que presentaba cierto buzamiento.

Tras un período de abandono y expolio de restos metálicos residuales anteriores, en la segunda mitad del siglo II a.C. se vuelve a ocupar durante apenas un siglo (GV-I). En un principio las actividades fueron tanto metalúrgicas como comerciales, aprovechando la situación privilegiada del promontorio. Finalmente, se abandonó la producción metalúrgica y Punta de los Gavilanes estuvo plenamente dedicada al intercambio comercial marítimo hasta su abandono definitivo a finales del siglo I a.C. (Ros Sala 2005).

Para esta fase se han estudiado los carbones recuperados en los restos de otras tres estructuras metalúrgicas, identificadas como 6TS, 7TS y 8TS (Fig. 2), muy próximas entre sí en la terraza superior del yacimiento. Reutilizan y adecúan en parte las dependencias donde se localizó la estructura 11TS de la fase GV-III y la 9TS de GV-II. De la 6TS se conservaban restos estructurales con frag-

mentos de copelas en su interior. Dichos restos aparecieron como una bolsada central de cenizas de textura muy suelta y fina, inserta en una estructura de planta semicircular, construida con areniscas amarillas y rojizas como consecuencia de la rubefacción. La Estructura 7TS se configuraba como una cubeta de arenisca amarillenta y tendencia semicircular fuertemente alterada por el calor. Su zona central estaba rellena por un sedimento de naturaleza arcillosa con alto porcentaje de ceniza, carbones y grumos de barro junto con algunas piedras y fragmentos de copelas. Finalmente, la Estructura 8TS formaba un solero de arenisca amarillenta compactada, con superposición de microcapas muy rubefactadas y perfil cóncavo en superficie, en cuyo centro apareció una pequeña cubeta con restos de copelas, cenizas y carbones.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El carbón vegetal asociado a las estructuras metalúrgicas analizadas se recuperó manualmente en el caso de los hornos 5TS y 2TM y mediante tamizado en seco del sedimento en las estructuras 11TS, 9TS, 6TS, 7TS y 8TS, utilizando mallas de 2,1 y 0,5 mm.

La identificación taxonómica de cada carbón valoró la anatomía de los tres planos de la madera: transversal, longitudinal tangencial y longitudinal radial. Para ello se utilizó un microscopio metalográfico Leica DM 2500 M con óptica de campo claro/campo oscuro, de 100 a 500 aumentos, consultando además atlas de anatomía de la

madera (Schweingrüber 1978, 1990; Vernet *et al.* 2001) y las colecciones de referencia de madera actual carbonizada de los laboratorios de Arqueología de las Universidades de Murcia y Valencia.

La cuantificación tomó como unidad de medida el fragmento de carbón, ya que permite obtener resultados más fiables que los basados en la masa del carbón (Chabal 1988, 1997; Bazile-Robert 1982). El número de carbones analizados por muestra se basó, en las estructuras con gran cantidad de carbones, en la riqueza taxonómica de la muestra, mediante el establecimiento de curvas de esfuerzo-rendimiento (Chabal 1997) y en aquellas otras con menos de 100 fragmentos en todos los de la muestra. Esta cuantificación ha sido realizada en términos absolutos y porcentuales (Tab. 2).

Los carbones se fotografiaron mediante el microscopio electrónico de barrido modelo JEOL-JSM 6100 del Servicio de Microscopía de la Universidad de Murcia.

4. RESULTADOS

El total de 1.331 fragmentos de carbón analizados se distribuyen muy desigualmente entre las diferentes estructuras. 50 carbones proceden de la Estructura Metalúrgica 11TS, asociada a Gavilanes III. A la factoría Gavilanes II corresponden 80 fragmentos de la estructura 2TM, 826 del Horno 5TS, sin duda el que ha aportado una mayor información tanto cuantitativa como cualitativa y 100 fragmentos a la estructura 9TS. Finalmente, de la fase Gavilanes I han sido revisados 100 carbones de la Estructura Metalúrgica 6TS, 150 de la 7TS y únicamente 25 de la 8TS.

En total han sido identificados 24 taxones, excluyendo aquéllos que fueron indeterminados e indeterminables. El grupo de las gimnospermas incluye *Pinus halepensis* (pino carrasco), *Juniperus* sp. (enebro, sabina), Coniferae (coníferas) y *Ephedra* sp. (belcho). Las angiospermas monocotiledóneas están representadas únicamente por el

Fase	GV-III		GV-II						GV-I						
	Estructura metalúrgica		11TS		2TM		5TS		9TS		6TS		7TS		8TS
Taxa	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
<i>Pinus halepensis</i>	6	12	22	27,5	1	1,1	6	6							
<i>Juniperus</i> sp.			1	1,25											
Coniferae	1	2							1	1					
<i>Ephedra</i> sp.	3	6									3	2			
Monocotyledoneae							1	1							
cf. <i>Artemisia</i> sp.					2	0,2									
<i>Atriplex halimus</i>	13	26			82	10									
Chenopodiaceae	4	8	10	12,5	9	1,1	20	20			1	0,67	1	4	
Cistaceae	1	2	1	1,25	5	0,6									
cf. <i>Clematis</i> sp.													1	4	
Compositae					7	0,8									
<i>Daphne gnidium/Thymelaea hirsuta</i>	1	2			9	1,1									
<i>Erica</i> sp.									2	2					
Labiatae					5	0,6	3	3							
Leguminosae					2	0,2	2	2	1	1					
<i>Olea europaea</i>	2	4			15	1,8	4	4	33	33	68	45,33	1	4	
<i>Periploca angustifolia</i>													7	28	
<i>Pistacia lentiscus</i>	10	20	35	43,75	575	69,6	59	59	54	54	71	47,33	13	52	
<i>Prunus</i> sp.					12	1,45									
<i>Quercus ilex/coccifera</i>													1	4	
<i>Rhamnus/Phillyrea</i> sp.							3	3							
<i>Rosmarinus officinalis</i>			5	6,25			1	1							
<i>Tamarix</i> sp.	7	14	6	7,5											
cf. <i>Withania frutescens</i>													1	4	
Indeterminado					13	1,6									
Indeterminable	2	4			89	10,8	1	1	9	9	7	4,67			
Total	50	100	80	100	826	100	100	100	100	100	150	100	25	100	

Tab. 2. Resultados antracológicos de las estructuras metalúrgicas de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia).

taxón Monocotyledoneae (monocotiledóneas, p. ej., esparto, barrón, albardín). El grupo de las angiospermas dicotiledóneas es el mejor representado, con 19 elementos: cf. *Artemisia* sp. (artemisia), *Atriplex halimus* (salao blanco), Chenopodiaceae (quenopodiáceas, p. ej., almajo, sapina, sosa), Cistaceae (cistáceas, p. ej., jara, té moro), cf. *Clematis* sp. (clemátide), Compositae (compuestas, p. ej., siempreviva, manzanilla, aulaga), *Daphne gnidium/Thymelaea hirsuta* (torvisco/bufalaga), *Erica* sp. (brezo), Labiatae (labiadas, p. ej., tomillo, lavanda), Leguminosae (leguminosas, p. ej., retama, coronilla), *Olea europaea* (olivo, acebuche), *Periploca angustifolia* (cornical), *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Prunus* sp. (pruno, p. ej., ciruelo, melocotonero), *Quercus ilex/coccifera* (encina/coscoja), *Rhamnus/Phillyrea* sp. (aladierno, espino negro/labiérnago), *Rosmarinus officinalis* (romero), *Tamarix* sp. (taray) y cf. *Witthania frutescens* (oroval). Los resultados en términos absolutos (número de fragmentos) y relativos (porcentaje) de cada una de las estructuras aparecen en la tabla 2.

En términos generales, pese a que existen notables diferencias tanto porcentuales como de presencia-ausencia de los taxones entre las estructuras de combustión, se observa la importancia de algunos elementos como *Pistacia lentiscus*, constatada en todas las estructuras estudiadas con porcentajes bastante destacados que van desde el 20 % (Estructura 11TS) hasta el 69,6 % (5TS). Es destacable también *Olea europaea*, ausente únicamente de la estructura 2TM, cuyos mayores porcentajes se dan en las estructuras de Gavilanes I (hasta un 45,33 % en 7TS). También la familia Chenopodiaceae sólo falta en la 6TS (porcentaje máximo en 9TS; con un 20 % del total). Es destacable asimismo la relativa abundancia de *Pinus halepensis*, identificado en cuatro estructuras, frente al resto de taxones que se documentan en todo caso en menos de tres.

El horno 5TS tiene la mayor riqueza tanto numérica como en cuanto a la variabilidad taxonómica: hasta 12 taxones. No obstante, presentan también resultados destacables la estructura 11TS, cuyos escasos carbones han permitido la identificación de 10 taxones y la 9TS con 9 elementos diferenciados. En el lado opuesto, las estructuras asociadas a la fase Gavilanes I ofrecen una notable escasez taxonómica, con excepción de la 8TS, donde se identificaron siete taxones estudiando únicamente 25 fragmentos de carbón.

La recuperación de forma manual de algunas de las muestras estudiadas podría implicar, *a priori*, ciertas limitaciones en el número de carbones disponibles en la muestra y en el cortejo antracológico potencialmente identificado. De ser así, los resultados obtenidos deberían interpretarse con cautela. No obstante, en términos generales se observa que tanto el número de fragmentos analizados en las estructuras muestreadas manualmente como la importante variabilidad taxonómica documentada validan el registro para la interpretación en términos paleoeconómicos que será realizada a continuación.

5. DISCUSIÓN

5.1. Estrategias de captación y utilización del combustible leñoso

Durante las diferentes etapas de ocupación de Punta de los Gavilanes el fuego constituyó una herramienta indispensable en el desarrollo de las diversas actividades llevadas a cabo en el promontorio. Esta dependencia pudo ser más intensa en el caso de la metalurgia, ya que parece claro, *a priori*, que los trabajos especializados generarían necesidades de combustible mayores que los de carácter doméstico. Partimos de la hipótesis de que una necesidad acuciante de grandes cantidades de combustible generaría pautas de recolecta basadas en el oportunismo y en la búsqueda constante de una relación positiva entre el esfuerzo invertido en la captación y el rendimiento calorífico obtenido. Sin embargo, no es descartable que, ante necesidades específicas de leña para determinadas actividades, la gestión de los recursos pudiera haberse establecido según ciertos parámetros selectivos. En este sentido, resulta fundamental la interpretación de los patrones de captación de estos recursos que puedan ser apreciables a partir de la señal antracológica asociada a los contextos productivos del yacimiento.

Los procesos de aprovisionamiento de combustible están sujetos, en la mayoría de los casos, a una relación de dependencia con los recursos vegetales disponibles en las proximidades del sitio (Shackleton y Prins 1992). Según ciertas aportaciones etnológicas (Biran *et al.* 2004; Miah *et al.* 2003; Top *et al.* 2004) y la práctica totalidad de los estudios antracológicos, la inversión de esfuerzo en la captación de madera no suele exce-

der los 10 km de distancia cuando se destina a combustible (Willcox 1992). Las excepciones corresponden a comunidades actuales en situaciones de degradación forestal tales que obligan a una recolecta durante jornadas completas (Auclair y Sghaier Zaafouri 1996). En el caso de la antracología, las evidencias de esta excepción se traducen en la aparición de elementos transportados desde zonas alejadas o incluso alóctonos, que sugieren la captación de recursos en un radio de acción amplio, si bien al respecto se conocen fundamentalmente datos de cronologías recientes y generalmente no referidas a combustible, sino a materiales constructivos carbonizados o a posibles objetos importados (Rodríguez-Ariza y Ruiz Sánchez 1995; Rodríguez-Ariza 1993; Rodríguez-Ariza 2001; Rodríguez-Ariza *et al.* 1999; Haro Pozo 2002; García Martínez y Matilla Séiquer 2008).

En Gavilanes, el espectro antracológico identificado en todas las fases de actividad metalúrgica es semejante y proporciona una primera aproximación a los ecosistemas del entorno próximo en los que la madera fue recolectada y, pese a la complejidad de concretar la localización de los taxones y su densidad, también al consumo energético que pudo invertirse para su obtención. La leña debió de provenir de puntos diversificados divisibles según los componentes florísticos presentes en el registro: halófilo o salino, mediterráneo e iberoafricano. Su distribución aproximada estaría condicionada fundamentalmente por las características edáficas del entorno, conocidas gracias a las reconstrucciones paleoambientales propuestas a partir de toda una serie de sondeos geofísicos y polínicos practicados dentro del "Proyecto Gavilanes" en las áreas de turbera aledañas al yacimiento, cuya secuencia abarca todo el período Holoceno (Navarro Hervás *et al.* 2009).

Las áreas de captación de recursos leñosos en el radio de 1 km estarían en la propia línea de costa y en sus aledaños, con gran disponibilidad en ciertos taxones del "componente halófilo", ya que la intensa salinidad del sustrato impediría el desarrollo de otro tipo de vegetación. Se trataría en concreto del género arbóreo *Tamarix* y de especies arbustivas y herbáceas de la familia Chenopodiaceae como *Atriplex halimus*. La estructura de la vegetación de las ramblas, como la salinidad de la cuenca se remonta a varios milenios atrás (Navarro Hervás *et al.* 2009), sería se-

mejante a la zona de línea de costa, por lo que estos taxones pudieron ser también captados en cauces próximos como la Rambla de las Morenas, que desagua a unos cientos de metros del enclave.

Pese a la proximidad de los recursos salinos, los principales aportes de combustible registrados proceden de especies de carácter heliófilo y xerófilo del "componente mediterráneo", que crecerían asociadas al piso bioclimático termomediterráneo. Su mayor desarrollo se produjo en zonas algo alejadas del promontorio, que requerirían recorridos de hasta 3-5 km de distancia y superar mayores desniveles, ya que su expansión se daría fundamentalmente en las elevaciones próximas o en tierras llanas del interior menos afectadas por la salinidad costera. En este grupo se engloban la mayoría de los taxones documentados, salvo los integrantes del "componente iberoafricano", *Periploca angustifolia* y cf. *Withania frutescens*, que convivirían con los elementos de carácter mediterráneo, si bien en porcentajes más anecdóticos.

Finalmente, los requerimientos ecológicos menos xéricos de algunos taxones mediterráneos, como *Quercus ilex/coccifera* o *Erica* sp., sugieren puntuales actividades de recolección en puntos relativamente alejados de la costa, aunque no necesariamente más allá de 10 km de la Punta de los Gavilanes. No podemos descartar tampoco, dada la hipótesis de una articulación territorial de la cadena productiva metalúrgica entre el coto minero y la Punta de los Gavilanes (Ros Sala 2005), que el abastecimiento de leña estuviera auxiliado en ocasiones por otros núcleos poblacionales.

La economía del esfuerzo no sólo estaría enfocada a reducir distancia y desnivel, sino que afectaría también al tipo de explotación del bosque. Diversos estudios arqueológicos y etnológicos apuntan a que el criterio primordial de abastecimiento de leña sería la recogida de madera muerta del suelo (Benjaminsen 1997; Asouti 2003; Tabuti *et al.* 2003; Bacaër *et al.* 2005; Allué *et al.* 2007). Dos motivos justificarían esta preferencia: evitar la inversión de tiempo y esfuerzo en la tala de madera verde y, en segundo término, al tratarse de madera más seca, reducir el tiempo de secado que, según los casos, podría alcanzar hasta un año de duración (Willcox 1992). Sin embargo, aunque podemos suponer que este criterio fue seguido por la mayoría de los grupos del pasado, las

evidencias antracológicas no nos permiten generalmente asegurar que así fuera, salvo por indicios no concluyentes relacionados con el estado de deterioro de la leña antes de su carbonización (Théry-Parisot 2001) como la presencia de insectos xilófagos, infestaciones por hongos u otros microorganismos (Blanchette 2000). Estos fenómenos no son generalizados en la Punta de los Gavilanes, por lo que, aunque cabe pensar que la recogida de madera muerta se produjo de forma habitual, no podemos afirmar que éste fuera el sistema preferencial de colecta de combustible. Tenemos algunas evidencias de maderas degradadas con galerías producidas por ataques de insectos xilófagos barrenadores, así como por incidencia de hongos (Fig. 4), no obstante asociadas a otros contextos del yacimiento.

Otro de los aspectos que cabe plantearse es si hubo criterios selectivos en la gestión de la vegetación del entorno, en función de su conocimiento y/o de ciertas creencias sociales sobre sus propiedades, tal y como se ha comprobado desde la etnología (Abbot y Lowore 1999; Padilla *et al.* 2000; Peña-Chocarro *et al.* 2000; Pote *et al.* 2006; Alves Ramos *et al.* 2008). Este tipo de pautas pudieron atender a las propiedades físico-químicas de las especies del entorno y a la funcionalidad concreta de las estructuras metalúrgicas en las cuales fueron utilizadas.

En general, el hecho de que haya sido documentada una gran variabilidad taxonómica en

los hornos metalúrgicos de las tres fases analizadas parece sugerir de antemano una ausencia de criterios selectivos en los procesos de recolecta, con independencia de precisiones taxonómicas, funcionales o cronológicas. Esto vendría a contradecir la idea prefijada al respecto (Pernaud 1992), que parece más aplicable en yacimientos situados en zonas boscosas de la Europa atlántica, de mayor desarrollo forestal y menor riqueza estructural que las formaciones mediterráneas. Ésta podría ser la razón por la que estas pautas restrictivas no se detectan en modo alguno en Punta de los Gavilanes, donde la riqueza taxonómica denota por el contrario un aprovechamiento totalmente oportunista de los recursos leñosos disponibles, determinado probablemente por la escasez general de especies leñosas en un entorno ya degradado y por la gran variedad de elementos que constituyen el estrato arbustivo mediterráneo.

Tampoco parece plausible plantear, a partir del cortejo antracológico identificado, que existiera una selección específica condicionada por las propiedades de combustión de los taxones. Una gran cantidad de variables que inciden en el proceso de combustión (meteorología, humedad de la planta, etc.) no pueden ser valoradas a través de los datos antracológicos, pero ciertas experimentaciones (Elvira y Hernando 1989) informan sobre algunas características intrínsecas a cada taxón a ese respecto, como el poder calorífico su-

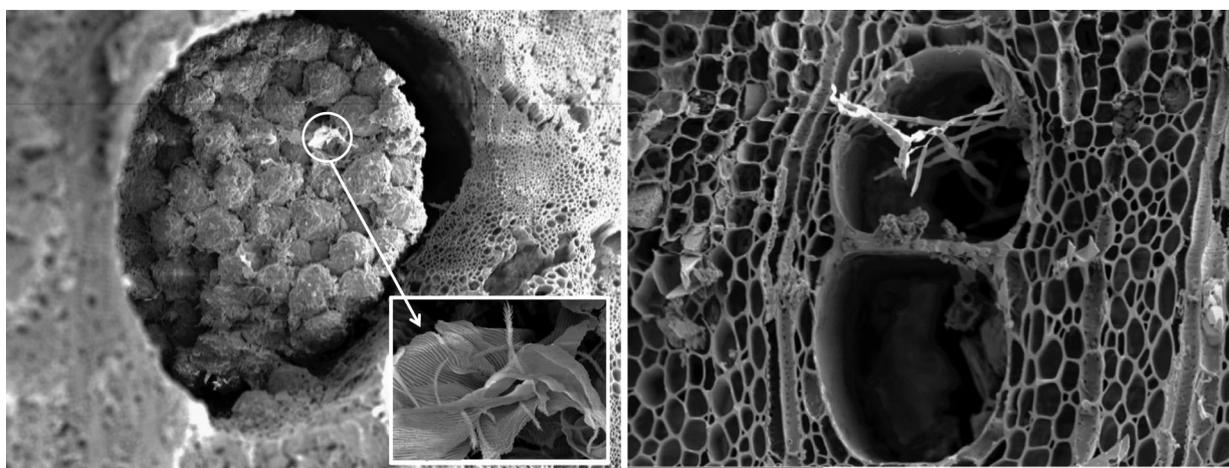


Fig. 4. A la izquierda, galería de insecto xilófago con restos de exuvia en un fragmento de *Chenopodiaceae* ($\times 150$); a la derecha, hifas de hongo en un fragmento de *Ficus carica* ($\times 370$). Contextos no metalúrgicos de Punta de los Gavilanes (Mazarrón, Murcia).

Taxa	Poder Calorífico Superior (Kcal/Kg)	Inflamabilidad
<i>Pinus halepensis</i>	5138**	Alta durante todo el año*
<i>Juniperus</i> sp.	5392* (<i>Juniperus oxycedrus</i>)	Mediana*
Monocotyledoneae	4767* (<i>Stipa tenacissima</i>)	Alta, sobre todo en verano*
Chenopodiaceae (+ <i>Atriplex halimus</i>)		Baja (presencia de compuestos minerales)***
Cistaceae	4662* (<i>Cistus albidus</i>)	Alta, sobre todo en verano*
<i>Daphne gnidium/Thymelaea hirsuta</i>		Baja (<i>Daphne gnidium</i>)*
<i>Erica</i> sp.	5762* (<i>Erica multiflora</i>)	Alta durante todo el año*
Labiatae	4987* (<i>Thymus vulgaris</i>)	Alta durante todo el año*
Leguminosae	5599* (<i>Cytisus multiflorus</i>)	Alta durante todo el año*
<i>Olea europaea</i> <i>Pistacia lentiscus</i>	4956*	Baja* Mediana****
<i>Prunus</i> sp.	4584* (<i>Prunus avium</i>)	
<i>Quercus ilex/coccifera</i>	4817* (<i>Quercus ilex</i>), 4846* (<i>Q. coccifera</i>)	Alta durante todo el año (<i>Quercus ilex</i>)*, mediana (<i>Q. coccifera</i>)*
<i>Rhamnus/Phillyrea</i> sp.	4809* (<i>Rhamnus lycioides</i>), 5459* (<i>Phillyrea angustifolia</i>)	Mediana (<i>Rhamnus lycioides</i>)*, Alta durante todo el año (<i>Phillyrea angustifolia</i>)*
<i>Rosmarinus officinalis</i>	5546*	Alta durante todo el año* (presencia de aceites esenciales***)
<i>Tamarix</i> sp.		Baja (<i>Tamarix smyrnensis</i>)****

Tab. 3. Poder calorífico superior e inflamabilidad de los taxones identificados, según Elvira y Hernando (1989)*; Théry-Parisot (2001) **; Guijarro Guzmán (2003) ***; Dimitrakopoulos y Papaioannou (2001) ****.

perior (1) o la inflamabilidad (2) (Delabrazze y Valette 1974) de su madera. Contamos con algunos datos publicados (Tab. 3) que permiten observar la calidad dispar de los taxones. Entre los teóricamente mejores combustibles se encontrarían *Pinus halepensis*, *Erica* sp., Leguminosae, *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex/coccifera*, *Rham-*

nus/Phillyrea sp. o *Rosmarinus officinalis* por su alto poder calorífico, su elevada inflamabilidad o bien, como en el caso de *Quercus*, porque su combustión es muy duradera. En el lado opuesto estarían *Daphne gnidium* y, sobre todo, las quenopodiáceas, cuya inflamabilidad es muy baja como consecuencia de los compuestos minerales que contienen (Guijarro Guzmán 2003), por lo que la recurrencia de su uso debió estar asociada más a su abundancia en la zona que a su valor como combustible. En definitiva, esta variable incidiría nuevamente en la idea de que la leña utilizada en las estructuras metalúrgicas de Gavilanes sería recuperada de manera aleatoria.

(1) El poder calorífico se define como la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa. El "poder calorífico superior" se obtiene cuando el agua contenida en el combustible y la resultante de la combustión se condensan (Guijarro Guzmán 2003).

(2) Definida por Delabrazze y Valette (1974) como la facilidad que tiene un vegetal para inflamarse al ser expuesto a una radiación calorífica constante.

Los valores porcentuales de los taxones tampoco permiten hablar de selección en el aprovisionamiento del combustible utilizado en la metalurgia de Gavilanes. A este respecto, nuestras conclusiones sobre la vegetación dominante en el entorno costero de Mazarrón (García Martínez *et al.* 2008) detectan desde la Edad del Bronce y hasta finales de la fase fenicia (GV-III) una carencia de formaciones forestales bien estructuradas, con una dominancia de extensiones de matorral conformadas fundamentalmente por lentiscos y acebuches y desarrollo aislado de individuos de pino carrasco como principal elemento arbóreo. A partir de la fase Gavilanes II y hasta el final de la secuencia, la señal antracológica sí ofrece signos de agotamiento del sistema, dada la fuerte reducción de la riqueza vegetal mediterránea y el considerable aumento de Chenopodiaceae en el diagrama.

Estos resultados se corresponden en general con las proporciones representadas en los hornos. Allí, *Pistacia lentiscus* es el taxón más utilizado, con excepción del 11TS, donde no obstante supone un 20 % del total del carbón analizado. *Olea europaea* adquiere valores notorios en las estructuras metalúrgicas de la fase GV-I, posiblemente en asociación con el cultivo de esta especie ya en esta cronología tardorrepublicana. Los escasos porcentajes de *Pinus halepensis* (salvo en 2TM) se corresponderían también con la escasez del estrato arbóreo que hemos documentado para estos momentos en el litoral de Mazarrón (García Martínez *et al.* 2008). Finalmente, las quenopodiáceas experimentan una reducción progresiva, en contradicción con su aumento en la secuencia antracológica de Gavilanes (García Martínez *et al.* 2008), con sus valores más importantes en la fase GV-III, mientras que en GV-I apenas las hay. Esta contradicción nos permite detectar, por primera vez, una posible no selección intencionada de estas especies en consonancia probablemente con sus escasas cualidades como combustible.

La mayoría de variables nos dan a entender que existió un aprovechamiento oportunista de los recursos leñosos, pero no podemos por el momento descartar que los taxones utilizados como combustible se relacionaran con la funcionalidad de las estructuras, ya que los estudios de carácter tecnológico-funcional sobre las mismas se encuentran todavía en curso.

5.2. Valoración de la intensidad del impacto medioambiental generado por la metalurgia protohistórica en Gavilanes

Resulta complejo valorar en qué medida el abastecimiento periódico de leña pudo ser un mecanismo de control decisivo en el proceso de degradación ecológica del entorno litoral detectado en la secuencia de Gavilanes hacia el siglo IV a.C. (García Martínez *et al.* 2008).

Lo cierto es que la deforestación en el Sureste semiárido peninsular es un proceso muy anterior, que comienza a hacerse evidente durante el Calcolítico (Fuentes *et al.* 2005), pero que se agudiza especialmente con la Edad del Bronce, debido a ciertos cambios climáticos a escala global (Jalut *et al.* 2000; Pantaleón-Cano *et al.* 2003), a los intensos procesos erosivos de las cuencas fluviales (Camel-Avila 2002; Fedoroff y Courty 1995), a la salinización de las lagunas costeras (Estiarte *et al.* 2008; Navarro Hervás *et al.* 2009) y también a la acción antrópica sobre el medio (Carrión *et al.* 2003, 2007; Jalut *et al.* 2009).

Hay que tener en cuenta que la actividad metalúrgica en Punta de los Gavilanes se llevó a cabo en un entorno afectado ya por una degradación forestal intensa, irreversible hasta nuestros días, que se agudizó en el Sureste semiárido especialmente en el último milenio a.C. En este sentido, resultan interesantes ciertas secuencias paleobotánicas (Fig. 5) donde ciertos indicadores de la intensa antropización del medio registran este proceso a escala regional.

En secuencias polínicas situadas en las sierras de Gádor (Carrión *et al.* 2003), Baza (Carrión *et al.* 2007) o la Cañada Larga del Cerro Sotillo (Riera Mora *et al.* 1995), se documenta en el I milenio a.C. una evidente retracción de las formaciones boscosas, el establecimiento permanente del matorral mediterráneo y un fuerte aumento de taxones termófilos, junto con la expansión de elementos ruderales como *Plantago*.

En zonas semiáridas más próximas a la costa, secuencias polínicas como las de Antas, Roquetas de Mar y San Rafael (Pantaleón-Cano *et al.* 2003), Cabo de Gata (Burjachs *et al.* 1996), El Cautivo (Nogueras *et al.* 2000), el Testigo 11P del Mar de Alborán (Targarona *et al.* 1996) o los niveles ibéricos de Carril de Caldereros (Fuentes *et al.* 2005), atestiguan un proceso de degradación aún más avanzado, con un claro aumento de la xericidad ambiental manifestado sobre todo a

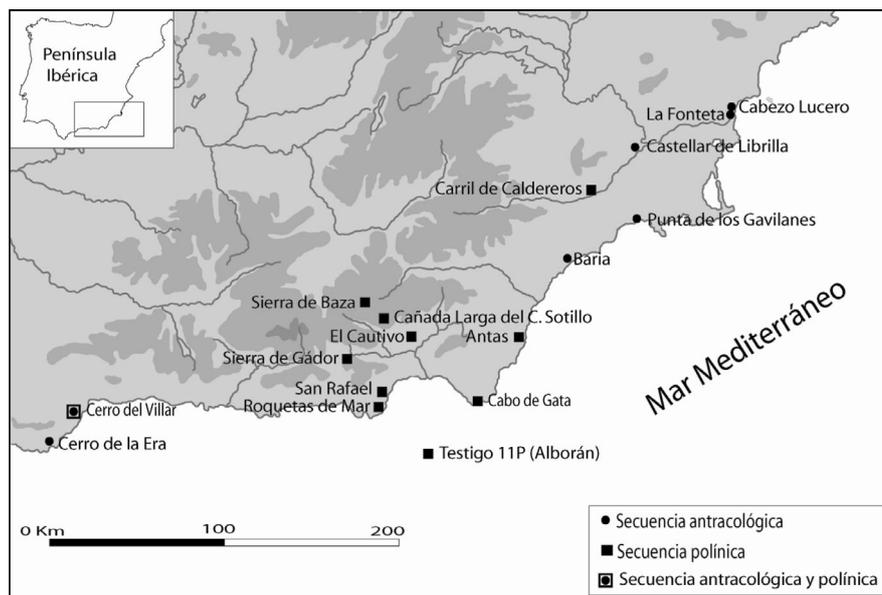


Fig. 5. Situación de las secuencias aludidas en este epígrafe.

través de la instalación de formaciones esteparias en la zona (incremento de *Artemisia*) y de otras fuertemente halófilas en el cordón litoral (predominancia de *Chenopodiaceae*).

Destacan, por la similitud ecológica con Gavilanes, las aportaciones antracológicas de establecimientos protohistóricos peninsulares como La Fonteta (Grau 2007), Baria (López de Castro 2003) y ya en el sur peninsular las del Cerro del Villar (Ros Mora y Burjachs 1999) y el yacimiento indígena del Cerro de la Era (Iborra *et al.* 2003). En dichos estudios también se apunta una gran expansión de formaciones arbustivas mediterráneas acompañadas de *Pinus halepensis*, junto a la salinización de las zonas de marisma, dado el importante desarrollo de la vegetación propia de ecosistemas dunares fijos. Por último, los resultados antracológicos obtenidos del estudio inédito realizado por E. Grau en el yacimiento de la Edad del Hierro de El Castellar de Librilla (Murcia) o los datos aportados por la necrópolis ibérica de Cabezo Lucero (Grau 1993) confirman la degradación de las formaciones de encinar en el Sureste, frente a la dominancia de elementos termófilos como el lentisco o el acebuche.

No parece, pues, que las características de la vegetación documentada en la Punta de los Gavilanes, tanto a partir del carbón disperso (García Martínez *et al.* 2008) como del asociado a la metalurgia, difieran mucho de las que se acaban de

exponer. En Gavilanes se pone de relieve de nuevo la abundancia de recursos provenientes de formaciones de matorral muy degradadas y se observa con claridad, dado el incremento de *Chenopodiaceae* a partir de GV-II, el proceso de salinización de las zonas costeras documentado de manera generalizada en las secuencias litorales anteriormente aludidas. Ambos indicios son producto a la vez de la dinámica natural de la vegetación a lo largo del Holoceno y de la depredación continuada sobre los recursos disponibles por parte de los grupos humanos. Por lo tanto, pese a que la dedicación intensiva a la metalurgia que se constata en el promontorio, sobre todo durante la fase GV-II, debió de generar sin duda un incremento exponencial de las necesidades diarias de leña, los datos antracológicos no ofrecen conclusiones definitivas sobre sus efectos sobre el medio. No es plausible relacionar ambas variables, dado que los episodios de cambio acontecidos en la secuencia del yacimiento, así como el registro antracológico documentado en las estructuras metalúrgicas se integran, en general, con las características paleoambientales descritas en el Sureste semiárido, sin que se detecte una situación de especial deforestación con respecto a otros puntos de esta región.

En definitiva, la verdadera relevancia del impacto generado por las actividades del beneficio de la plata en este ámbito costero debe valorar-

se desde las fuertes limitaciones de espacio que ofrecería la Punta de los Gavilanes sobre la capacidad de absorción de los recursos leñosos disponibles en su entorno. Tampoco las actividades realizadas en otros núcleos poblacionales, como la Loma de Sánchez, que formarían parte del modelo de vertebración productiva del territorio (Ros Sala 2005), debieron afectar demasiado a su entorno inmediato, ya que las áreas de captación serían aproximadamente las mismas que en el caso de Gavilanes.

6. CONCLUSIONES

El análisis de los restos de combustible derivados de la actividad metalúrgica desarrollada en Punta de los Gavilanes desde aproximadamente el siglo VII a.C. hasta mediados del siglo I a.C. ha proporcionado datos para interpretar las pautas de gestión de los recursos leñosos del litoral de Mazarrón en las estructuras de combustión analizadas, así como la intensidad del impacto medioambiental generado. Las principales conclusiones obtenidas son:

– Se aportó a las estructuras combustible leñoso de especies de carácter halófilo o salino, elementos característicos de las formaciones de matorral mediterráneo y, por último, ciertos endemismos de óptimo norteafricano.

– La captación de recursos, según el cortejo antracológico identificado y las características edáficas de la zona, se produjo en ecosistemas diversificados del entorno más próximo al asentamiento, sobre todo entre 0 m y 5 km de distancia, aunque excepcionalmente pudieron producirse desplazamientos mayores.

– No se han detectado pautas selectivas en la colecta de combustible de acuerdo con las propiedades de las plantas utilizadas ni, a falta del definitivo estudio tecnológico-funcional de las estructuras, relacionadas directamente con la particular funcionalidad de cada una de ellas. Se trataría por lo tanto de patrones de captación oportunistas, basados en la consecución de una relación esfuerzo-rendimiento positiva.

– En lo que concierne a la intensidad de la deforestación generada en el entorno por el abastecimiento periódico de la actividad metalúrgica, no se ha apreciado en la señal antracológica que la degradación del entorno inmediato de Gavilanes fuera más intensa que en otros puntos del

Sureste semiárido peninsular, por lo que parece que el impacto medioambiental generado debió de ser limitado y en todo caso constreñido al ámbito local.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por una beca postdoctoral concedida por la Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Fundación Séneca) a Dña. María Soledad García Martínez y por el Proyecto de Investigación de Excelencia Científica “Estudio integral del yacimiento arqueológico de Punta de los Gavilanes en Puerto de Mazarrón (Murcia, España), y su entorno inmediato”, auspiciado por la citada Fundación, la Universidad de Murcia y la Consejería de Cultura y Turismo de la Región de Murcia, en la que M.M. Ros es investigadora principal.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbot, P.G. y Lowore, J.D. 1999: “Characteristics and management potencial of some indigenous firewood species in Malawi”. *Forest Ecology and Management* 119: 111-121.
- Allué, E.; Euba Rementería, I.; Cáceres, I.; Esteban, M. y Pérez, M.J. 2007: “Experimentación sobre recogida de leña en el parque faunístico de los Pirineos ‘Lacuniacha’ (Huesca). Una aproximación a la tafonomía del registro antracológico”. En J. Moler, J. Farjas, P. Roura y T. Pradell (eds.): *Avances en Arqueometría 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría*, Universitat de Girona, 16-19 de noviembre de 2005, Girona: 295-303.
- Alves Ramos, M.; Muniz de Medeiros, P.; Santos de Almeida, A.L.; Patriota Feliciano, A.L. y Paulino de Albuquerque, U. 2008: “Can wood quality justify local preferences for firewood in an area of caatinga (dryland) vegetation?”. *Biomass and Bioenergy* 32: 503-509.
- Asouti, E. 2003: “Woodland vegetation and fuel exploitation at the prehistoric campsite of Pinarbasi, south-central Anatolia, Turkey: the evidence from wood charcoal macro-remains”. *Journal of Archaeological Science* 30: 1185-1201.
- Auclair, L. y Sghaier Zaafour, M. 1996: “La sédentarisation des nomades dans le sud tunisien: comportements énergétiques et désertification”. *Secheresse* 7: 17-24.
- Bacaër, N.; Bah, A. y Mahamane, A. 2005: “Fuelwood harvesting in Niger and generalization of Faust-

- mann's formula". *Comptes Rendus Biologies* 328: 379-385.
- Bazile-Robert, E. 1982: "Données expérimentales pour l'anthracanalyse". *Études Quaternaires Languedociennes* 2: 25-32.
- Benjaminsen, T.A. 1997: "Is there a fuelwood crisis in rural Mali?". *GeoJournal* 43: 163-174.
- Biran, A.; Abbot, J. y Mace, R. 2004: "Families and Firewood: A comparative analysis of the costs and benefits of children in firewood collection and use in two rural communities in Sub-Saharan Africa". *Human Ecology* 32 (1): 1-25.
- Blanchette, R.A. 2000: "A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments". *International Biodeterioration & Biodegradation* 46 (3): 189-204.
- Bronk Ramsey, C. 2005: *OxCal Program v3.10*. Online: <http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html>
- Burjachs, F.; Giralt, S.; Riera, S.; Roca, J.R. y Julià, R. 1996: "Evolución paleoclimática durante el último ciclo glaciario en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica". *Notes de Geografía Física* 25: 21-39.
- Camel-Avila, M. 2002: "The Librilla 'rambla', an example of morphogenetic crisis in the Holocene (Murcia, Spain)". *Quaternary International* 93-94: 101-108.
- Carrión, J.S.; Fuentes, N.; González-Sampériz, P.; Sánchez Quitante, L.; Finlayson, J.C.; Fernández, S. y Andrade, A. 2007: "Holocene environmental change in a montane region of southern Europe with a long history of human settlement". *Quaternary Science Reviews* 26: 1455-1475.
- Carrión, J.S.; Sánchez Gómez, P.; Mota, J.F.; Yll, E.I. y Chain, C. 2003: "Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain". *The Holocene* 13(6): 839-849.
- Chabal, L. 1988: "Pour quoi et comment prélever les charbons de bois par la période antique. Les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault)". *Lattara* 1: 187-222.
- Chabal, L. 1992: "La représentativité paléocologique des charbons de bois archéologiques issus du bois de feu". *Bulletin de la société botanique de France* 139, *Actualités Botaniques* (2/3/4): 213-236.
- Chabal, L. 1997: *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'anthracologie, méthode et paléocologie* (Documents d'Archéologie Française, 63). Maison des Sciences de L'Homme, CNRS. Paris.
- Delabreze, P. y Valette, J.C. 1974: "Inflamabilité et combustibilité de la végétation méditerranéenne". *Revue Forestière Française*, número especial: Les incendies de forêts: 171-177.
- Dimitrakopoulos, A.P. y Papaioannou, K.K. 2001: "Flammability assessment of Mediterranean forest fuels". *Fire Technology* 37: 143-152.
- Elvira, L.M. y Hernando, C. 1989: *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.
- Estiarte, M.; Peñuelas, J.; López-Martínez, C. y Pérez-Obiol, R. 2008: "Holocene palaeoenvironment in a former coastal lagoon of the arid south Eastern Iberian Peninsula: salinization effects on $\delta^{15}\text{N}$ ". *Vegetation History and Archaeobotany* 17: 667-674.
- Fedoroff, N. y Courty, M.A. 1995: "Le rôle respectif des facteurs anthropiques et naturels dans la dynamique actuelle et passée des paysages méditerranéens. Cas du bassin de Vera, sud-est de l'Espagne". En S. van der Leeuw (ed.): *L'homme et la dégradation de l'environnement. XV Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. Éditions APDCA. Sophia Antipolis: 115-141.
- Fuentes, N.; García Martínez, M.S.; González Sampériz, P.; Fernández, S.; Carrión, J.S.; López-Campuzano, M. y Medina, J. 2005: "Degradación ecológica y cambio cultural durante los últimos cuatro mil años en el sureste ibérico semiárido". *Anales de Biología* 27: 69-84.
- García Martínez, M.S.; Grau, E. y Ros Sala, M.M. 2008: "Paisaje y gestión de los recursos vegetales en la costa de Mazarrón (Murcia), según el antracoanálisis de Punta de los Gavilanes". *Cuaternario y Geomorfología* 23 (3-4): 107-120.
- García Martínez, M.S. y Matilla Séiquer, G. 2008: "Rasgos medioambientales y aprovechamiento de los recursos leñosos en la Vega del Segura durante el siglo I d.C.". En S. Rovira Llorens, M. García-Heras, M. Gener Moret e I. Montero Ruiz (eds.): *Actas VII Congreso Ibérico de Arqueometría. Madrid, 8-10 octubre de 2007*: 169-179.
- Grau, E. 1993: "Antracoanálisis de la necrópolis ibérica de Cabezo Lucero (Guardamar del Segura-Alicante)". En C. Aranegui, A. Jodin, E. Llobregat, P. Rouillard y J. Uroz (coords.): *La necrópolis ibérica de Cabezo Lucero*. Casa de Velázquez 41, Colección Patrimonio 17. Madrid-Alicante: 329-331.
- Grau, E. 2007: "El paisaje vegetal". En P. Rouillard, E. Gailledrat y F.L. Sala (dir.): *L'établissement protohistorique de La Fonteta (fin VIII^e - fin VI^e siècle av. J.-C.)*. Casa de Velázquez. Madrid: 416-422.
- Guijarro Guzmán, M.M. 2003: *Comportamiento del fuego y régimen térmico en diferentes complejos de combustible forestal*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Madrid.
- Haro Pozo, S. de 2002: "Charcoal analysis in the Castle of Ambra (Pego, Alicante, Spain)". En S. Thiébaud (ed.): *Charcoal analysis. Methodological approaches, palaeoecological results and wood uses. Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000*. British Archaeological Reports, International Series 1063. Oxford: 113-120.

- Iborra, M.P.; Grau, E. y Pérez Jordá, G. 2003: "Recursos agrícolas y ganaderos en el ámbito fenicio occidental: estado de la cuestión". En C. Gómez Bellard (coord.): *Ecohistoria del paisaje agrario. La agricultura fenicio-púnica en el Mediterráneo*. Universitat de València. València: 33-56.
- Jalut, G.; Dedoubat, J.J.; Fontugne, M. y Otto, Th. 2009: "Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact". *Quaternary International* 200: 4-18.
- Jalut, G.; Esteban, A.; Bonnet, L.; Gauquelin, T. y Fontugne, M. 2000: "Holocene climatic changes in the western Mediterranean, from southeast France to south-east Spain". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 160: 255-290.
- López Castro, J.L. 2003: "Baria y la agricultura fenicia en el Extremo Occidente". En C. Gómez Bellard (ed.): *Ecohistoria del paisaje agrario: la agricultura fenicio-púnica en el Mediterráneo*. Universitat de València. Valencia: 99-110.
- Marguerie, D. 2002: "Fuel from protohistorical and historical kilns in north-western France". En S. Thiébaud (ed.): *Charcoal Analysis. Methodological approaches, palaeoecological results and wood uses. Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000*. British Archaeological Reports, International Series 1063. Oxford: 187-192.
- Maufras, O. y Fabre, L. 1998: "Une forge tardive (fin IV^e-V^e s.) sur le site de La Ramière (Roquemaure, Gard)". En M. Feugère y V. Serneels (coords.): *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*. Ed. Monique Mergoïl. Montagnac: 210-221.
- Miah, M.D.; Ahmed, R. y Uddin, M.B. 2003: "Biomass fuel use by the rural households in Chittagong region, Bangladesh". *Biomass and Bioenergy* 24: 277-283.
- Navarro Hervás, R.; Rodríguez Estrella, T.; Carrión García, J.S.; Ros Sala, M.M.; Fernández Jiménez, S.; García Martínez, M.S.; Mancheño Jiménez, M.A. y Álvarez Rogel, Y. 2009: "Crisis de aridez a finales del V Milenio BP en el litoral occidental del Puerto de Mazarrón (Murcia, Spain)". En A. Romero Díaz, F. Belmonte Serrato, F. Alonso Sarria y F. López Bermúdez (eds.): *Advances in studies on desertification*, Editum. Murcia: 355-358.
- Nogueras, P.; Burjachs, F.; Gallart, F. y Puigdefàbregas, J. 2000: "Recent gully erosion in the Cautivo badlands (Tabernas, SE Spain)". *Catena* 40: 203-215.
- Padilla, A.; Petit, J.; Padilla, D. y Quintero, L. 2000: "Especies usadas como comburente en la comunidad de Villanueva, Estado Lara-Venezuela". *Revista Forestal de Venezuela* 44 (1): 11-15.
- Pantaleón-Cano, J.; Yll, E.I.; Pérez-Obiol, R. y Roure, J. M. 2003: "Palynological evidence for vegetation history in semi-arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain)". *The Holocene* 13(1): 109-119.
- Peña-Chocarro, L.; Zapata, L.; González Urquijo, J.E. e Ibáñez Estévez, J.J. 2000: "Agricultura, alimentación y uso del combustible: Aplicación de modelos etnográficos en Arqueobotánica". *Saguntum-Plav* extra 3: 403-420.
- Pernaud, J.M. 1992: "L'interprétation paléocologique des charbons concentrés dans les fosses-dépotoirs protohistoriques du Carrousel (Louvre, Paris)". *Bulletin de la société botanique de France* 139, Actualités Botaniques (2/3/4): 329-341.
- Pote, J.; Shackleton, C.; Cocks, M. y Lubke, R. 2006: "Fuelwood harvesting and selection in Valley Thicket, South Africa". *Journal of Arid Environments* 67: 270-287.
- Riera Mora, S.; Esteban Amat, A. y Gómez Ortiz, A. 1995: "El depósito turboso de La Cañada Larga del Cerro del Sotillo (1.890 m, Sierra de Baza-Filabres). Estudio polínico y geomorfológico: Avance preliminar". *Actas 3.ª Reunión do Quaternario Ibérico (Coimbra 1993)*. Coimbra: 491-497.
- Rodríguez-Ariza, M.O. 1993: "Análisis antracológicos de excavaciones arqueológicas de la ciudad de Granada". *IV Congreso d'Arqueología Medieval Espanyola*, Tomo III. Alicante: 671-679.
- Rodríguez-Ariza, M.O. 2001: "Análisis antracológico de El Castillejo de Gádor (Almería)". En B. Gómez Tubío, M.A. Respaldiza y M.L. Pardo (eds.): *III Congreso Nacional de Arqueometría*. Sevilla: 173-182. Sevilla.
- Rodríguez-Ariza, M.O.; Fresneda Padilla, E.; Peña Rodríguez, J.M. y López López, M. 1999: "Los niveles ibéricos de Fuente Amarga (Galera, Granada)". *XXIV Congreso Nacional de Arqueología (Cartagena 1997)*: 283-288. Murcia.
- Rodríguez-Ariza, M.O. y Ruiz Sánchez, V. 1995: "Antracología y palinología del yacimiento argárico de Castellón Alto (Galera, Granada)". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1992-II: 169-176.
- Ros Mora, M.T. y Burjachs, F. 1999: "Paleovegetación del Cerro del Villar". En M.E. Aubet, C. Carmona, E. Curià, A. Delgado, A. Fernández y M. Párraga (coords.): *Cerro del Villar-I. El asentamiento fenicio en la desembocadura del Río Guadalhorce y su interacción con el hinterland*. Junta de Andalucía. Sevilla: 65-71.
- Ros Sala, M.M. 2005: "Metalurgia y sociedad en el Sureste prerromano". *Bocamina. Patrimonio minero de la Región de Murcia*. Museo de la Ciencia y el Agua. Murcia: 39-58.
- Ros Sala, M.M.; Arana Castillo, R. y Antolinos, J.A. 2003: "The metallurgical furnaces from IV-III c. BC of Punta de los Gavilanes (Mazarrón Port, Murcia, Spain): An approximation to the cupellation process in the West Mediterranean". *Archaeo-*

- metallurgy in Europe, Proceedings of the International Conference*. Aquileia, 17-21 junio 2007. Milan: 315-325.
- Ros Sala, M.M.; Carrión García, J.S.; Navarro Hervás, F.; Rodríguez Estrella, T.; García Martínez, M.M.; Precioso Arévalo, M.L.; Portí Durán, M.E.; Miguel Ibáñez, M. P. de; Medina Ruiz, J.; Sánchez González, M.J.; Gómez Carrasco, J.G.; Atenza Juárez, G. y Castilla Wandosell, A. 2008: "Estudio integral del yacimiento Punta de los Gavilanes (Puerto de Mazarrón, Murcia) y su entorno inmediato: Proyecto Gavilanes 2007". En M. Lechuga Galindo, P.E. Collado Espejo y M.B. Sánchez González (coords.): XIX Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia: Cartagena, Alhama de Murcia, La Unión y Murcia, 7 de octubre al 4 de noviembre de 2008: 57-62. Murcia.
- Schweingrüber, F.H. 1978: *Mikroskopische Holz Anatomie. Anatomie microscopique du bois. Microscopic wood anatomy*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Birmensdorf.
- Schweingrüber, F.H. 1990. *Anatomie europäischer Hölzer ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer Anatomy of European woods an atlas for the identification of European trees shrubs and dwarf shrubs*. Verlag Paul Haupt. Stuttgart.
- Shackleton, C.M. y Prins, F. 1992: "Charcoal análisis and the 'Principle of least effort': a conceptual model". *Journal of Archaeological Science* 19: 631-637.
- Tabuti, J.R.S.; Dhillion, S.S. y Lye, K.A. 2003: "Firewood use in Bulamogi County, Uganda: species selection, harvesting and consumption patterns". *Biomass and Bioenergy* 25: 581-596.
- Targarona, J.; Alonso, B.; Cacho, I.; Canals, M. y López Sáez, J.A. 1996: "Climatic changes during the Late Quaternary in South East Spain: Implications for the establishment of the Murciano-Almeriense bioprovince". En B. Ruiz Zapata (ed.): *Estudios palinológicos*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares: 119-123.
- Théry-Parisot, I. 2001: *Économie des combustibles au Paléolithique*. CNRS. Paris.
- Top, N.; Mizoue, N.; Kai, S. y Nakao, T. 2004: "Variation in woodfuel consumption patterns in response to forest availability in Kampong Thom Province, Cambodia". *Biomass and Bioenergy* 27: 57-68.
- Vernet, J.-L.; Ogereau, P.; Figueiral, I.; Machado, C. y Uzquiano, P. 2001: *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule Ibérique et îles Canaries*. CNRS. Paris.
- Willcox, G. 1992: "Timber and trees: Ancient exploitation in the Middle East: evidence from plant remains". *Bulletin on Sumerian Agriculture* 6: 1-31.
- Zapata, L. 1997: "El uso del combustible en la ferrería medieval de Oiola IV: implicaciones ecológicas y etnobotánicas". *KOBIE (Serie Paleoantropología)* 24: 107-115.