

Palinología y escenario forense. Un caso de estudio del sureste de España

Margarita Martínez-Sánchez, Santiago Fernández & José Carrión

Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, 30100 Murcia, España.

Resumen

Correspondencia

J. Carrión

E-mail: carrion@um.es

Recibido: 1 octubre 2008

Aceptado: 12 noviembre 2008

Esta investigación plantea la utilización del análisis polínico de sedimentos como herramienta para el estudio del escenario forense. Para ello se han seleccionado 5 áreas de vegetación diferentes del sureste español en las que se han llevado a cabo recogidas de dos categorías de muestra, una del sedimento superficial y otra del sedimento depositado en la suela del calzado. Del análisis polínico resultan 5 ambientes con características polínicas bien diferenciadas, lo que valida el método y la selección de los puntos de muestreo. Por otro lado, tanto a efectos de porcentajes predominantes como de tipos característicos, existe una correlación clara entre los espectros polínicos de ambos tipos de muestra en cada localidad, lo cual sugiere que el sedimento alojado en la suela del calzado representa una aproximación útil para la definición del contexto forense.

Palabras clave: Palinología forense, Biología forense, Análisis polínico, Murcia, España

Abstract

Palynology and crime scene. A case study from southeastern Spain.

This research is aimed at using palynology as a tool for the study of the forensic scenario. Five different vegetation areas of Murcia Region have been selected, with two types of samples being processed in each case, one of the soil surface sediment, another one from the footwear dust. Pollen analyses depict five, well-differentiated areas, which validates the sampling selection criteria. Furthermore, there is a clear-cut correlation between the pollen spectra obtained from soil surface sediment and footwear dust samples in each study case. It is concluded that comparison of pollen spectra from surface sediment dust and footwear sediment infill is a reliable approach for forensic palynology.

Key words: Forensic palynology, Forensic biology, Pollen analysis, Murcia, Spain.

Introducción

El análisis polínico de sedimentos se fundamenta, según Faegri & Iversen (1975) y Birks (1986), en siete componentes básicos encadenados: (1) producción biológica de polen y esporas, (2) disper-

sión biótica (insectos y otros vectores de polinización) o abiótica (agua, corrientes atmosféricas), (3) deposición en la superficie continental o subacuática, (4) preservación y/o fosilización, (5) inclusión en la tafocenosis, (6) posibilidades de discriminación taxonómica al microscopio y (7) re-

presentatividad del espectro polínico respecto a la vegetación productora. Este último componente se ha documentado a través de múltiples estudios de lluvia polínica (Adams & Mehringer 1975, Bryant 1977, Moe 1983, Stevenson 1985, Vázquez & Peinado 1993, Díaz 1994, González Porto et al. 1997).

En la cualificación de cualquier tipo de material sedimentario como de interés palinológico se requieren estudios experimentales que sean capaces de establecer el grado de correspondencia entre dicho material y el contexto florístico que generan los espectros polínicos. La palinología forense surge precisamente ante las posibilidades de reconstruir contextos ambientales utilizables en el marco legal. Metodológicamente, no hay diferencias sustanciales con el análisis del contingente palinológico de sedimentos lacustres o turbosos (Pons & Reille 1988, Carrión et al. 2001a, Carrión 2002b, González-Sampérez et al. 2008), materiales arqueológicos (fondos de vasijas, coprolitos, rellenos de cuevas y abrigos, hogares) (Carrión 1992, Carrión et al. 1998, 2001b, 2008, Fernández et al. 2007, González-Sampérez et al. 2003), mieles, filtros aerobiológicos (Munuera & Carrión 1994, Munuera et al. 1995, De Linares et al. 2007), etc. Sólo cabe destacar la necesidad de un cuadro de resultados que minimicen al máximo las posibilidades de conjetura (Mildenhall 1982, 1988).

Durante los últimos años, la palinología forense ha conseguido reunir una casuística abundante, pero sus orígenes se encuentran en trabajos realizados en los años 60, con algunos casos que excitaban el interés público por su novedad e implicaciones criminalísticas. Así, Erdtman (1969) describe la resolución policial de un crimen ocurrido en 1959 en Austria. Un hombre que viajaba por el Danubio desapareció cerca de Viena; sin embargo, su cuerpo no se encontraba. Se arrestó a alguien que tenía motivos para ser el culpable; aunque, sin el cuerpo ni una confesión, el caso se presentaba desesperanzador. Una muestra de fango encontrada en un par de zapatos del demandado se entregó al palinólogo Wilhelm Klaus, de la Universidad de Viena, para su análisis. Klaus determinó *Abies* y *Salix* en combinación con miosporas del Mioceno. Los sedimentos que podían presentar esta combinación se localizaban exclusivamente en un área pequeña de 20 km al norte de Viena. Cuando se enfrentó al demandado con la zona determinada

por Klaus, aquél confesó su crimen e indicó el lugar concreto en que había enterrado el cuerpo.

En varias investigaciones penales de los últimos años, diversos palinomorfos obtenidos de las fosas nasales de cadáveres han proporcionado pruebas valiosas sobre las causas de la muerte, ya que es posible recuperar las partículas que se adhieren a los huesos incluso después de que las mucosas nasales se hayan descompuesto. Es importante recordar que es posible que una víctima inhale los componentes inorgánicos de polvo y tierra y que estos puedan ser recuperados a la vez que los palinomorfos, suministrando otra vía útil de pruebas (Wiltshire & Black 2006).

Otra investigación relevante a nivel internacional fue la promovida por el Tribunal Internacional de Naciones Unidas dirigida al esclarecimiento de los hechos ocurridos en la antigua Yugoslavia; este Tribunal emprendió de 1997 a 2002 la exhumación de fosas comunes en el noreste de Bosnia, con el objetivo de suministrar pruebas para la fiscalía en relación a los crímenes de guerra allí acaecidos. Esto supuso la ubicación y exhumación de fosas comunes; en total se investigaron más de 24 lugares, con 240 muestras seleccionadas. El objetivo era proveer información sobre la localización original de la comisión de las atrocidades y el emplazamiento de la fosa común original. Las pruebas fueron usadas por el tribunal citado y son del dominio público (Brown 2006).

Otro caso paradigmático viene de Nueva Zelanda, donde una mujer denunció haber sido violada por un mismo hombre en dos lugares distintos y varias veces. Tras la investigación de la policía se detuvo a un sospechoso unos días después. Durante la investigación se identificó el lugar de la violación inicial, situado detrás de unos matorrales de *Coprosma* (planta espejo, familia rubiáceas) con diversas araliáceas. Se recogieron muestras del área genital de la víctima, de su ropa, y una muestra control del lugar del delito. El análisis polínico identificó en todas las muestras polen de *Coprosma* en combinación única con esporas fúngicas. Estas pruebas podrían considerarse circunstanciales en lo que respecta a poder demostrar dónde ha tenido lugar un evento y quién estaba allí, pero no si el acusado ha originado algún daño a la víctima, no obstante, en este caso, estas evidencias, junto con la identificación del agresor, el estudio de ADN, proveyó pruebas directas y circunstanciales para que los tribunales declararan

que el detenido era efectivamente culpable y que la agresión inicial había ocurrido en el lugar descrito por la víctima; siendo condenado además por los delitos de rapto, de amenazar con matar y de las infracciones sexuales múltiples (Mildenhall 2006).

De todos los estudios realizados parece concluirse que el polen tiene una prevalencia universal y que, hipotéticamente, en un escenario forense, éste puede ser recuperado del suelo, del polvo, del barro, de la basura, de unas cuerdas y prácticamente de cualquier objeto encontrado en las inmediaciones del lugar a estudiar. La palinología viene, así, a constituirse en una herramienta de ejecución de la ley puesto que son ya muchos los casos en los que aporta pruebas en juicios penales en países como Estados Unidos, Inglaterra o Nueva Zelanda (Mildenhall et al. 2006). Los antecedentes incluyen el uso en casos de falsificación, violación, homicidios, genocidio, terrorismo, agresión, robo, incendios provocados, atropello con fuga e importación ilegal; así como en acciones civiles. Más en detalle, la Palinología podría ser empleada para (1) relacionar a un sospechoso con el escenario forense, ya sea el lugar de un crimen o el lugar de descubrimiento de cadáveres, (2) la demostración o refutación de coartadas, (3) disminución de una lista de sospechosos, (4) determinar la historia de viaje de artículos, incluyendo drogas (Stanley 1992), (5) como proveedora de información respecto al origen geográfico de artículos, (6) como ayuda para ubicar tumbas clandestinas o restos humanos, (7) para determinar el destino perimortem de una víctima, (8), determinar el período de tiempo que llevan unos restos humanos enterrados (Wiltshire & Black 2006).

Lo cierto es que a pesar de este potencial, existen diferencias geográficas sustanciales en la aplicabilidad del método, precisamente por la variación espacial de la vegetación. Este trabajo tiene como objetivo verificar el potencial del análisis polínico de sedimentos en la definición del escenario forense a través del uso comparativo de dos tipos de muestra en localidades del sureste español: unas de sedimento superficial y otras de sedimento acumulado en la suela del calzado. En el supuesto de que existiera un paralelismo entre los espectros polínicos de estos dos tipos de muestra, cabría la caracterización geográfica y taxonómica del escenario forense. Según nuestro conocimiento, es el primer trabajo de palinología forense que

se aborda en nuestro país desde una perspectiva puramente investigativa.

Material y métodos

Descripción de las localidades de estudio

Se han seleccionado localidades diferenciadas en su composición vegetal (Fig. 1). La primera zona, muestreada el 10 de marzo de 2008, corresponde a la Rambla de la Regidora-Asomadilla en el paraje del Carrascalejo, Bullas (38° 3' 38" N, 1° 42' 40" W, altitud 620 m) (Fig. 2). Se trata de una zona con vegetación de galería, constituida fundamentalmente por caducifolios en la zona más húmeda, de mayor compensación edáfica, y perennifolios en las zonas laterales más alejadas del cauce. Se observa un dominio de robledales (*Quercus faginea*) con choperas (*Populus nigra*) y alamedas (*Populus alba*). Como elementos arbóreos dispersos aparecen fresnos (*Fraxinus angustifolia*), *Celtis australis*, *Laurus nobilis*, *Quercus rotundifolia* y *Pinus halepensis*. Entre el matorral destacan *Quercus coccifera*, *Salix atrocinerea*, *Daphne gnidium*, *Pistacia terebinthus*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, *R. oleoides*, *Berberis hispanica*, *Genista scorpius*, *Ulex parviflorus*, y *Rosmarinus officinalis*. El tomillar está constituido por *Thymus vulgaris*, *Sideritis leucantha* y *Satureja obovata*. En los alrededores del barranco aparecen cultivos de almendros y de cereal, así como una zona próxima ajardinada, con cipreses (*Cupressus sempervirens*, *C. arizonica*), pino canario (*Pinus canariensis*), pino doncel (*Pinus pinea*), árboles del amor (*Cercis siliquastrum*) y ailantos (*Ailanthus altissima*).

La segunda zona, muestreada el 10 de marzo de 2008, corresponde a un área bajo el antiguo puente de la carretera comarcal del Noroeste (MU-415) en plena rambla de Albudeite con las siguientes coordenadas de localización: 38° 1' 24" N \ 1° 23' 42" W y una altitud de 193 m (Figuras 1, 2). Se trata de suelos margoso-salinos nitrificados, cuyas sales proceden de la acumulación en la rambla de las sales lavadas procedentes de las margas miocénicas, sustrato principal de la zona. En plena rambla, junto a la zona de recogida de las muestras son frecuentes *Tamarix boveana*, *T. canariensis*, *Limonium caesium*, *Suaeda vera*, *Anabasis hispanica*, *Atriplex halimus*, *A. glauca*, *Spergularia media*, *Oxalis pes-caprae* y *Capparis spinosa*.

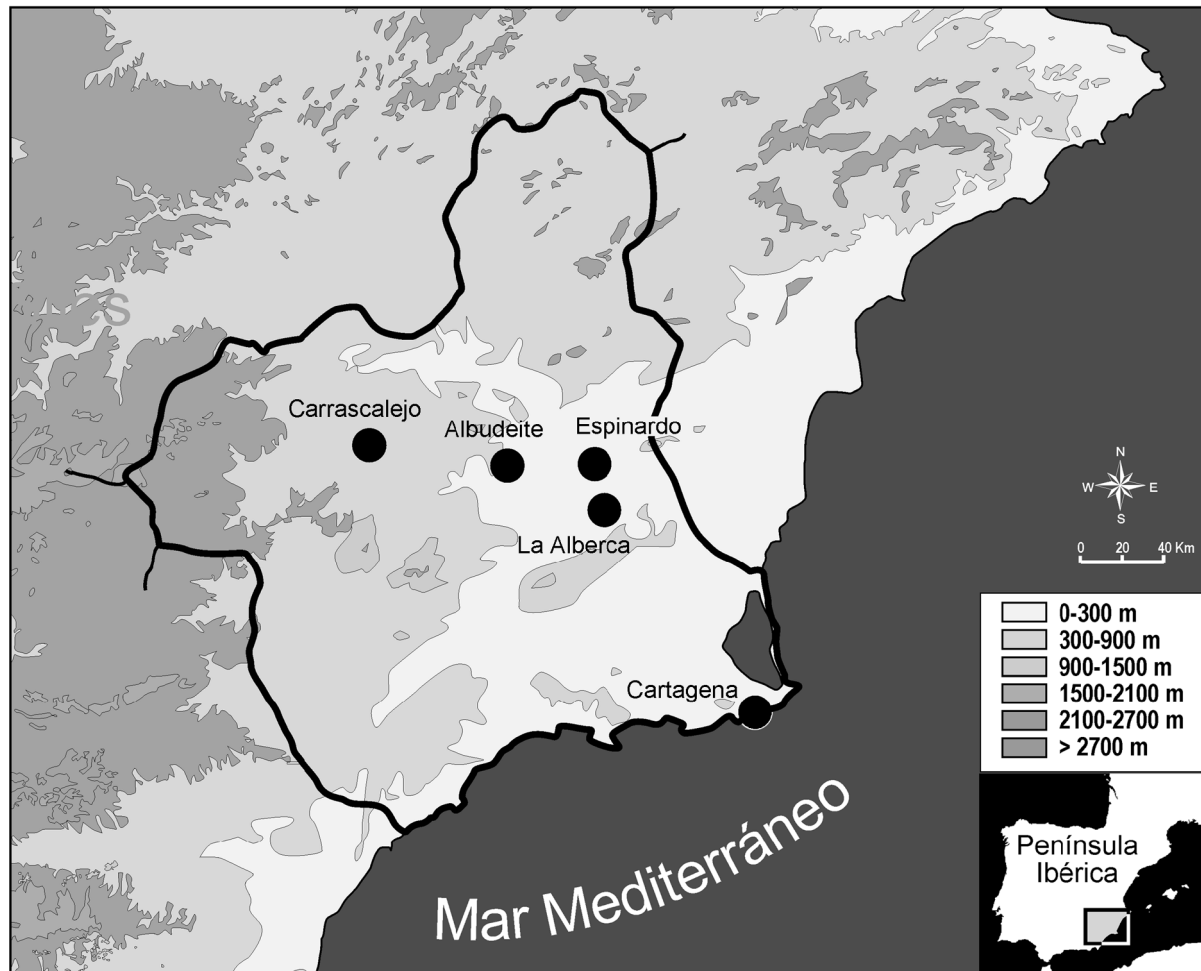


Figura 1. Localización del área de estudio en el sureste peninsular.
Figure 1. Location of the study sites in southeastern Spain.

En las laderas, en ambientes margosos, dominan *Salsola genistoides*, *Anthyllis cytisoides*, *Lycium spartum*, *Stipa capensis*, *Helianthemum squamatum* y asteráceas anuales (*Sonchus tenerimus*, *Carduus valentinus*, *Silybum marianum*). En las proximidades se constata un cultivo de olivos (*Olea europaea* subsp. *europaea*) y algún pino suelto (*Pinus halepensis*) así como palmeras (*Phoenix sp. pl.*).

La tercera zona de estudio, muestreada el 11 de marzo de 2008, corresponde a una zona ajardinada del Campus de Espinardo situado junto a la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia ($38^{\circ} 1' 11''\text{N} \setminus 1^{\circ} 10' 6''\text{W}$, altitud 95 m) (Figuras 1, 2). Dominan las moreras (*Morus alba*), mostrando gran número de amentos en el momento de la toma de muestra. En sus proximidades abundan limoneros (*Citrus limon*) y naranjos amargos (*Citrus aurantium*), acacias (*Acacia farnesiana*), palmeras (*Phoenix dactylifera*, *Ph. canariensis*), al-

garrobos (*Ceratonia siliqua*), falsos pimientos (*Schinus molle*), falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), así como algunos ejemplares de *Pinus halepensis* y *Ulmus pumila*.

La cuarta zona de estudio está situada en las proximidades de la pedanía La Alberca (Murcia), concretamente en las coordenadas $37^{\circ} 56' 32''\text{N} \setminus 1^{\circ} 9' 7''\text{W}$ y con una altitud de 58 m (Figuras 1, 2). La recogida de muestras se llevó a cabo el día 12 de marzo de 2008. El muestreo se realizó bajo un pequeño bosque de eucaliptos, en un ambiente muy antropizado y compactado por el paso de vehículos, restos de basuras domésticas, etc. El catálogo de vegetación incluye eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*), vinagrillo (*Oxalis pes-caprae*) y marrubio (*Marrubium vulgare*). Entre las herbáceas, dominan crucíferas (*Sisymbrium irio*, *Moricandia arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*) y gramíneas, destacando *Piptatherum miliaecium*, *Hyparrhenia sinaica* y *Hordeum vulgare*.

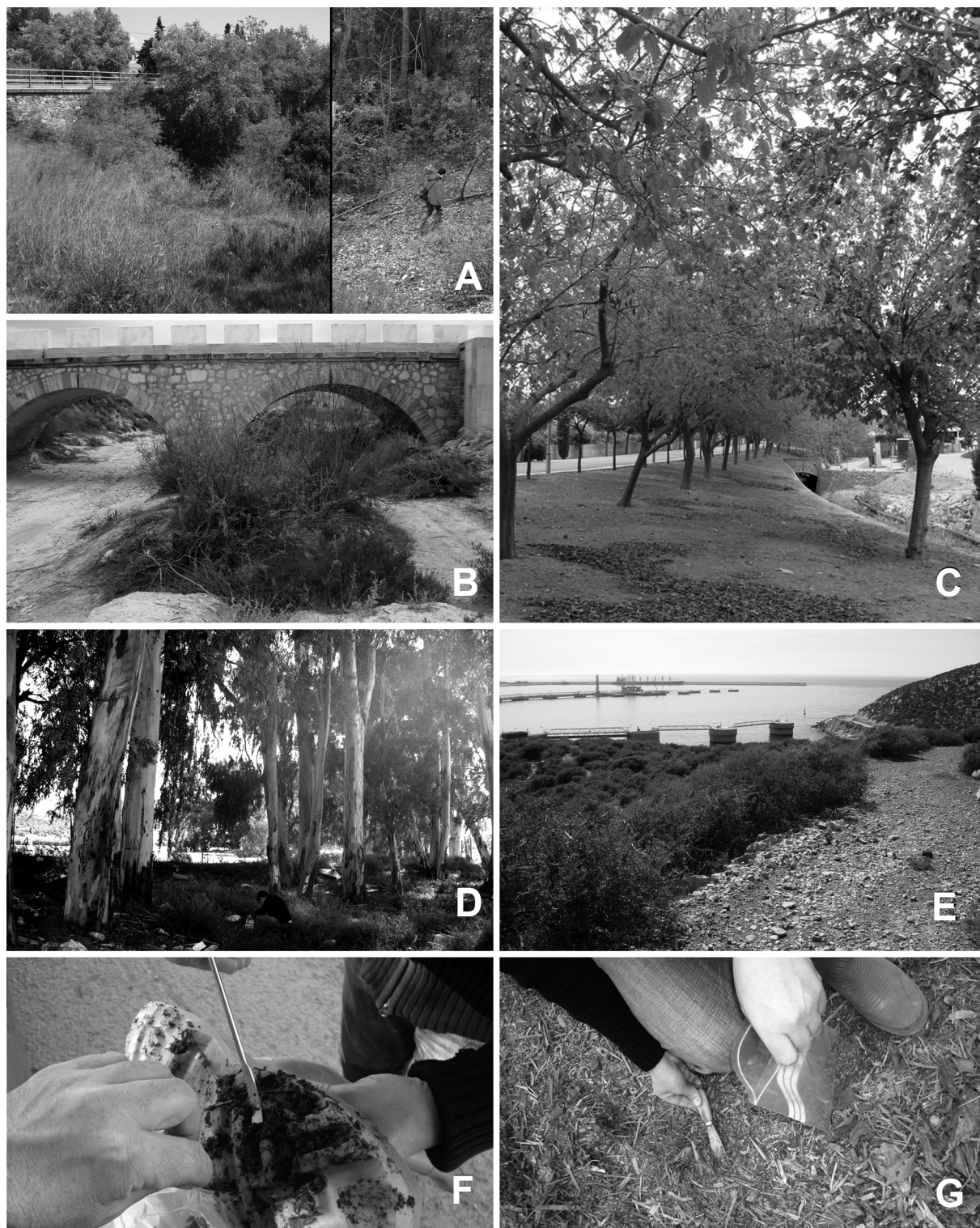


Figura 2. Imágenes de las zonas de muestreo (A-E) y toma de muestras (F-G). A: Rambla de la Regidora-Asomadilla, El Carrascalejo (Bullas, Murcia). B: Rambla de Albudeite (Murcia). C: Jardines del Campus de Espinardo (Murcia). D: La Alberca (Murcia). E: Carretera entre Cartagena y Escombreras (Murcia). F: Muestreo del sedimento alojado en la suela del calzado. G: Muestreo del sedimento superficial.

Figure 2. Sampling areas (A-E) and sampling with spatula (F-G). A: Gully of la Regidora-Asomadilla, El Carrascalejo (Bullas, Murcia). B: Albudeite Gully (Murcia). C: Campus de Espinardo Gardens (Murcia). D: La Alberca (Murcia). E: Cartagena to Escombreras Road (Murcia). F: Sampling shoe sediment. G: Sampling surface sediment.

La diversidad de anuales incluye *Phagnalon saxatile*, *Silybum marianum*, *Chrysanthemum coronarium*, *Dittrichia viscosa*, *Sonchus tenerrimus* y *Malva parviflora*. En las cercanías, crecen palmeras (*Phoenix*), así como acacias.

La quinta zona se muestreó el 12 de marzo de 2008, junto a la carretera de Cartagena-Escombreras, frente al puerto de Cartagena, en las coordenadas 37° 34' 33" N \ 0° 57' 53" W y con una altitud de 50 m. (Figuras 1, 2). La vegetación es original en relación con el resto de zonas estudiadas y aparece dominada por un cornical de *Periploca angustifolia* con palmitos dispersos (*Chamaerops humilis*). Otros elementos leñosos incluyen *Asparagus albus*, *Genista umbelata*, *Calicotome intermedia*, *Thymelaea hirsuta* y *Salsola oppositifolia*. La diversidad de herbáceas es extraordinaria.

Toma de muestras, tratamiento de laboratorio, identificación y recuento

En cada una de las zonas se llevaron a cabo dos recogidas de muestras, una para los restos de sedimento y polvo del calzado y otra para el sedimento superficial tomando submuestras muy pequeñas de una superficie amplia que luego se mezclaron. Para evitar contaminaciones, se utilizaron pinzas y espátulas lavadas con agua destilada tras la toma de cada muestra así como bolsas esterilizadas.

El análisis polínico de sedimentos se ha llevado a cabo por el Método Químico Clásico (Dimbleby 1957, 1961), con las modificaciones aportadas en los trabajos de Frenzel (1964), Bastin & Coûteaux (1966), Girard & Renault-Miskousky (1969) y Juvigné (1973). Asimismo, por cada muestra, se añadieron 2 tabletas de *Lycopodium* con número de registro 124961, con el fin de calcular las concentraciones polínicas. Inicialmente las muestras se dispersaron en pirofosfato sódico al 10%. El montaje se realizó con safranina y glicero-gelatina y en todos los casos se procedió a la concentración en cloruro de zinc. La identificación y recuento se realizaron con microscopía óptica y la ayuda de la palinoteca del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia. Los diagramas polínicos se han representado con ayuda del programa Psimpoll (Bennett, 1996, 2000), el cual también se utilizó para los cálculos estadísticos que llevan a las frecuencias y concentraciones polínicas (Figuras 3, 4).

Resultados

Zona 1. Carrascalejo

Se han identificado 21 tipos palinológicos, coincidiendo la muestra del calzado con la del suelo en 13 de ellos (Figs. 3, 4). *Pinus*, *Quercus* y *Asteraceae* son los elementos dominantes; otros tipos característicos incluyen *Sordariaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cistaceae* y *Boraginaceae*. También resulta significativa la presencia de esporas de *Zygnema*, *Mougeotia*, *Desmidiaceae*, *Closterium* y *Rivularia*, espectro compatible con la zona de recogida de muestras, situada en una rambla (van Geel et al., 1986; Carrión & Navarro, 2002). Finalmente, cabe hacer mención a la presencia esporas de *Glomus* y *Tilletia*, esporotipos fúngicos en ambos casos propios de ambientes erosivos (van Geel et al. 1981, 1989, Carrión et al. 2006).

Zona 2. Albudeite

Se observa una clara dominancia de *Chenopodiaceae*, con un porcentaje de 95,32 % en la muestra de calzado y 88,64 % en la de suelo. El número de taxones coincidentes en calzado y suelo asciende a 6 de un total de 13. Cabe precisar que los palinomorfos identificados y no coincidentes en las muestras, no resultan representativos a nivel estadístico ya que sólo suponen para la muestra de calzado el 1,14 % de los taxones identificados y el 1,37 % para el suelo.

Zona 3. Espinardo

Phoenix y *Morus* son los elementos característicos de la secuencia polínica; encontrándose una variedad polínica abundante pero porcentualmente no significativa para los demás taxa (Figuras 3, 4). Como en el caso, anterior, hay coincidencia entre los dos tipos de registro polínico. Cabe también resaltar que porcentajes similares de *Phoenix* y *Morus* se identifican tanto en la muestra de calzado como en la de suelo. Destacamos también la presencia de esporas de hongos coprófilos (*Sordariaceae*) (van Geel et al. 1989).

Zona 4. La Alberca

En este par de muestras, la diversidad de tipos polínicos es baja, habiéndose identificado 8 taxones, resultando coincidentes en calzado y suelo 7 de ellos. El tipo dominante corresponde a *Eucalyptus*, con una frecuencia de 92,15 % en la muestra

recogida del calzado y de 88,13 % en la de suelo. (Figuras 3, 4). También forman parte de los espectros polínicos Poaceae, Chenopodiaceae, *Pinus*, Asteraceae, Cruciferae y sobre todo *Quercus* con 2,74 %, únicamente en la muestra de calzado. La concurrencia de *Pinus* con porcentajes bajos no es significativa de presencia local, dada su gran faci-

lidad de dispersión. En ciertos contextos, algo similar sucede con las gramíneas y así, las diferencias entre ambas muestras para el polen de Poaceae, tampoco deben ser tomadas en consideración. *Glomus* y Oribatida representan microfósiles no polínicos característicos de esta localidad (van Geel et al. 1989).

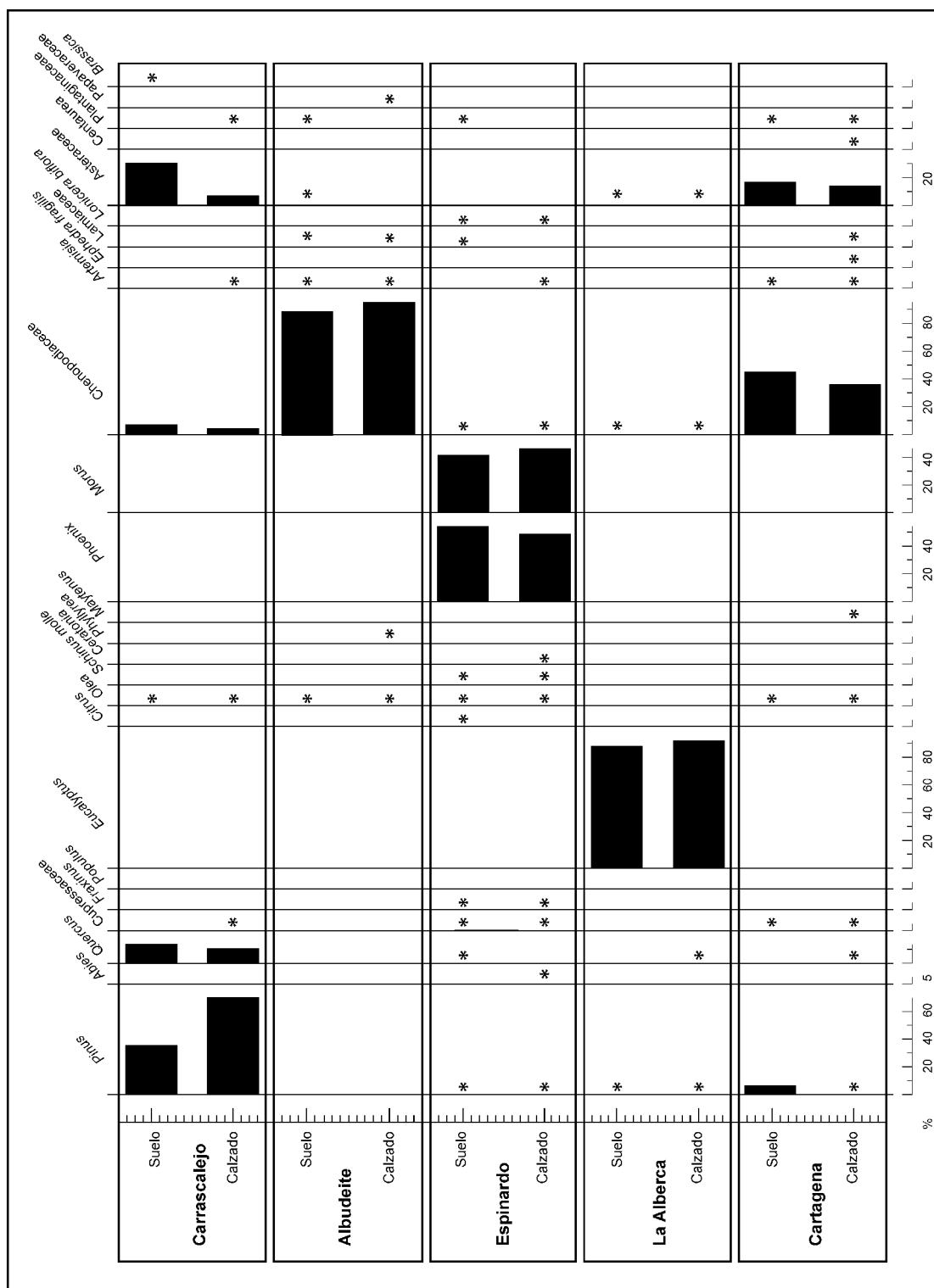


Figura 3. Diagrama polínico de porcentajes incluyendo las cinco áreas de estudio y los dos tipos de muestra. Figure 3. Percentage pollen diagram including the five study areas and the two sample types.

Zona 5. Cartagena

En esta muestra, en coincidencia con los rasgos de la flora local, la diversidad polínica es mayor, habiéndose identificado 37 taxones, resultando coincidentes en las muestras de calzado y suelo en 16 de ellos (Figuras 3, 4). Cabe resaltar que ha sido en estos taxa donde la concentración polínica ha

sido mayor, con sumatorios de los porcentajes coincidentes en el caso de la muestra del calzado alcanzando el 95,6 % y en la muestra del suelo representando el 97,17 %. El predominio en ambos casos es de Chenopodiaceae. Hay que destacar la aparición de polen de *Periploca angustifolia*, especie común en algunas zonas del litoral de Murcia.

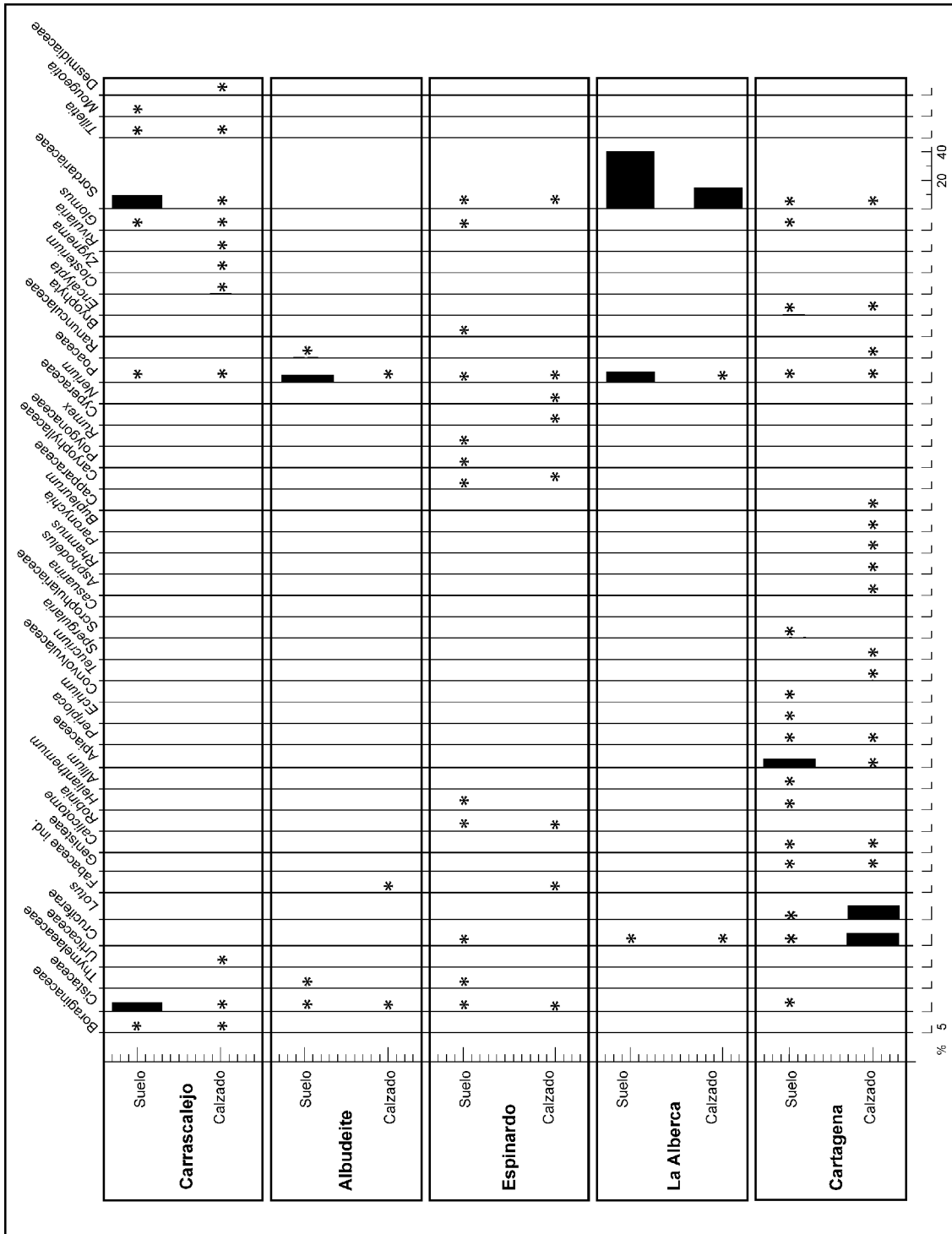


Figura 4. Diagrama polínico de porcentajes incluyendo las cinco áreas de estudio y los dos tipos de muestra (continuación).
Figure 4. Percentage pollen diagram including the five study areas and the two sample types (continuación).

Se trata de una especie dipterófila y su ocurrencia en el registro implica presencia local mucho más abundante de lo que sugieren las frecuencias polínicas (Carrión 2002a). Otro elemento discriminatorio es la presencia de esporas del género de musgos *Encalypta*.

Discusión

Los resultados obtenidos nos permiten observar diferencias significativas entre las cinco zonas de estudio al tiempo que similaridades notables en los dos tipos de muestra para una misma zona (Figura 5). Lo que realmente marca las diferencias entre los espectros polínicos es la presencia de los taxa mayoritarios, pero no se puede olvidar el valor discriminatorio de algunos elementos que aparecen en bajas proporciones pero exclusivamente en algunas muestras. A este respecto, resaltamos en el caso de La Alberca la identificación de ácaros oribátidos y esporas de Sordariaceae (indicando entrada de material fecal en el sistema: Carrión & Navarro 2002); en el del Carrascalejo la presencia de *Zygnema*, *Mougeotia*, Desmidiaceae, *Closterium* y *Rivularia* (indicando transporte acuático: van Geel et al. 1989); en Cartagena *Periploca* y *Encalypta*. Las otras dos zonas necesitan ser discriminadas por el contingente polínico dominante (Fig. 5).

Este trabajo sugiere el potencial del método y abre nuevas avenidas de investigación en palinología forense. Con carácter prioritario urge la elaboración de protocolos científicamente aceptados a nivel internacional. Aunque, epistémicamente, la palinología forense se ha desarrollado muy recientemente, lo cierto es que durante la última década el número de publicaciones ha crecido exponencialmente. La mayoría de las mismas incorporan consideraciones tafonómicas; por ejemplo sobre cómo interpretar las diferencias en la distribución de polen en el sedimento (Dimbleby 1985, El Ghazali & Moore 1998, Navarro et al. 2000, 2001, 2002, Carrión 2002a), sobre cómo se conserva el polen en materiales vivos (Hall 1981, Mildenhall 1990, 2003a), en ropa (Mildenhall 2003b); cómo interpretar el valor de las pruebas palinológicas (Bryant & Schoenwetter 1987, Bryant et al. 1990, Mildenhall 1990, Horrocks & Walsh 2001) e incluso en determinar cuándo ocurrió el homicidio o hecho delictivo (Mildenhall 1992, Szibor et al 1998).

En conexión con la investigación presentada aquí, una posible vía de trabajo futurible podría tener dos enfoques: aumentar las zonas de estudio y estudiar los restos de palinomorfos en cabello, piel y ropa. Otro estudio interesante consistiría en identificar el trayecto seguido por un grupo de personas de forma individual, recogiendo muestras de calzado, cabello y ropa; y comprobar si es posible identificar el camino seguido desde un punto a otro. En determinados países existe un sistema de referencia automatizada para la captura, el almacenaje y la localización de suelas y lados superiores de zapatos que tiene la capacidad de dar información acelerada y fiable sobre las impresiones ocultas localizadas en escenarios forenses (Mildenhall 1992). La información aportada al investigador puede ser determinante a la hora de identificar al fabricante, el modelo del zapato original, las dimensiones del mismo, así como la dirección de los pasos y otras acciones como situaciones de arrastre o marcas (Ashley 1996). Este mismo instrumento, el calzado, fue elegido en nuestra investigación como herramienta de interrelación con el medio; al tratarse de un estudio pionero, se consideró limitar la envergadura de la misma, seleccionando un único objeto que nos sirviera para la verificación de nuestra hipótesis de trabajo y para la consecución si era posible de nuestros objetivos.

Cabe preguntarse por qué no se utiliza la palinología forense con más frecuencia en los casos forenses y judiciales. Una de las razones puede estribar en el escaso número de palinólogos que hay en todo el mundo y en el todavía más escaso número de los que están familiarizados con las técnicas y procedimientos de ámbito legal. La recolección y el análisis de muestras constituye, probablemente, otro inconveniente de peso. Las muestras de polen forense no rigurosamente recogidas o, la contaminación de las mismas posterior en el almacenaje y análisis, ocasiona la reducción de su valor como evidencia judicial. Por tanto, se requieren laboratorios preparados para evitar la contaminación polínica de las muestras forenses, necesidad que no suelen presentar la mayoría de los laboratorios de análisis. De otro lado, son muy pocos los palinólogos que están empleados por el estado o por agencias privadas y pueden conducirse en el campo forense de una manera reconocida y remunerada, menos todavía hacerlo en plenitud porque se dedican a otros fines determinados por

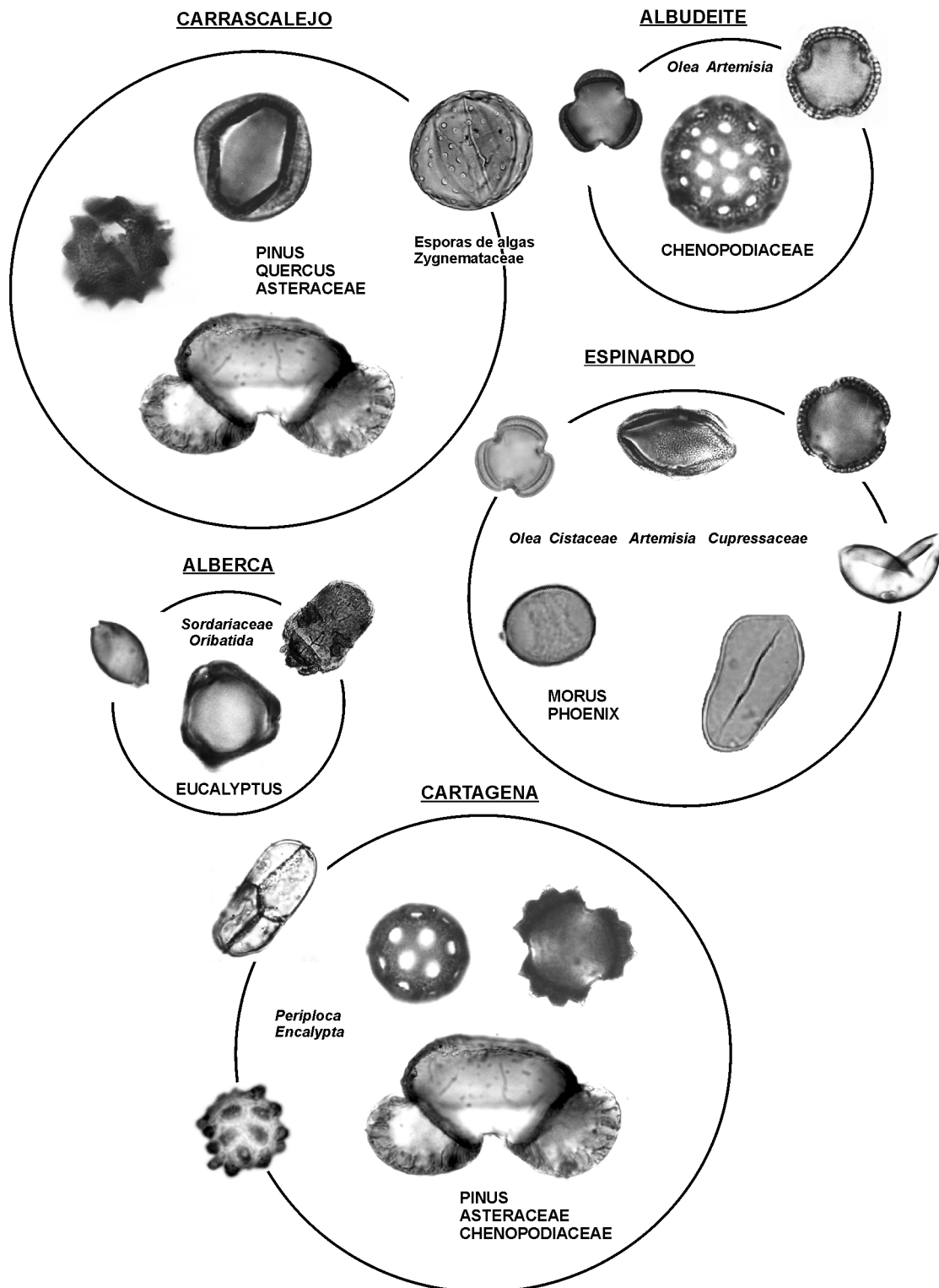


Figura 5. Discriminación palinológica de las cinco zonas estudiadas en base a los porcentajes polínicos de muestras de calzado y superficie.

Figure 5. Summary chart of the discrimination of the five zones studied on the basis of the pollen percentages of footwear and surface sediments.

su laboratorio. Todo lo anterior no reduce el potencial de la técnica, que se podría decir que actualmente se encuentra en su infancia tanto en un sentido conceptual como en el marco de su multiplicidad de aplicaciones.

Conclusiones

- En una investigación de palinología forense tomando como referencia cinco localidades de la región de Murcia (España), las muestras de sedimento alojado en la suela del calzado se correlacionan aceptablemente en sus espectros palinológicos con las de sedimento superficial en los cinco casos de estudio.
- Las localidades quedan perfectamente discriminadas sobre la base de su contingente polínico, lo cual favorece la determinación del origen geográfico de la muestra.
- En virtud de las dos conclusiones anteriores, este trabajo permite defender el potencial de la combinación de muestras de calzado y sedimento en la caracterización del escenario forense.

Referencias

- Adams DP & Mehringer PJ. 1975. Modern pollen surface samples, an analysis of subsamples. *Journal of Research of the U.S. Geological Survey* 3: 733-736.
- Ashley W. 1996. What shoe was that? The use of computerised image database to assist in identification. *Forensic Science International* 82: 7-20.
- Bastin B & Couteaux M. 1966. Application de la méthode de Frenzel à l'extraction des pollens dans les sédiments archéologiques pauvres. *L'Anthropologie* 70: 201-203.
- Bennett KD. 1996. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytologist* 132: 155-170.
- Bennett KD. 2000. Psimpoll and Pscomb: computer programs for data plotting and analysis. Available on the Internet at <http://www.kv.geo.uu.se/software.html>.
- Birks HJB. 1986. Late Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to north-west Europe. In *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology* (Berglund BE, ed.). Chichester: Wiley, pp. 3-65.
- Brown AG. 2006. The use of forensic botany and geology in war crimes investigations in NE Bosnia. *Forensic Science International* 163: 204-210.
- Bryant VM. 1977. A 16000 year pollen record of vegetational change in central Texas. *Palynology* 1: 143-146.
- Bryant VM, Mildenhall DC & Jones JG. 1990. Forensic Palynology in the United States of America, *Palynology* 14: 193-208.
- Bryant VM & Schoenwetter J. 1987. Pollen Records from Lubbock Lake. Texas A&M University Press, College Station, pp. 36-40.
- Carrión JS, 1992. Late quaternary pollen sequence from Carihuela Cave, Southern Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology* 71: 37-77.
- Carrión JS 2002a. A taphonomic study of modern pollen assemblages from dung and surface sediments in arid environments of Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology* 120: 217-232.
- Carrión JS. 2002b. Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews* 21: 2047-2066.
- Carrión JS, Allué E, López-Sáez JA, López García P, Fuentes N, Fernandez-Jiménez S, Rodríguez E, González-Sampériz P, Riquelme JA, Finlayson G, Finlayson C. 2008. The vegetation surrounding Gorham's Cave in the Middle and Upper Paleolithic. In *Where the Neanderthals lived. A study of Neanderthal and Modern Human behavioural ecology in a glacial refugium (Gorham's Cave, Gibraltar)* (Finlayson C, Rodríguez Vidal J, Giles Pacheco F, Stringer CB & Carrión JS, eds.). Oxford: Oxbow Books.
- Carrión JS, Andrade A, Bennett KD, Munuera M & Navarro C. 2001a. Crossing forest thresholds: inertia and collapse in a Holocene pollen sequence from south central Spain. *The Holocene* 11: 635-653.
- Carrión JS, Munuera M & Navarro C. 1998. The palaeoenvironment of Carihuela Cave (Granada, Spain): a reconstruction on the basis of palynological investigations of cave sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 317-340.
- Carrión JS & Navarro C. 2002. Cryptogam spores and other non-pollen microfossils as sources of palaeoecological information. Case-studies from Spain. *Anales Botanici Fennici* 39: 1-14.
- Carrión JS, Riquelme JA, Navarro C & Munuera M. 2001b. Pollen in hyaena coprolites reflects late glacial landscape in Southern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 176: 193-205.
- Carrión JS, Scott L & Marais E. 2006. Environmental implications of pollen spectra in bat droppings from south-eastern Spain and potential for palaeoenvironmental reconstruction. *Review of Palaeobotany and Palynology* 140: 175-186
- De Linares C, Nieto-Lugilde D, Alba F, Díaz de la Guardia C, Galán C & Trigo MM. 2007. Detection of airborne allergen (Ole e 1) in relation to *Olea europaea* pollen in S Spain. *Clinical and Experimental Allergy* 37:125-132.
- Díaz PM. 1994. Relations between modern pollen rain and mediterranean vegetation in Sierra Madrona (Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology* 82: 113-125.
- Dimbleby GW. 1957. Pollen analysis of terrestrial soils. *New Phytologist* 56(1): 12-28.
- Dimbleby GW. 1961. Soil pollen analysis. *Journal of Soil Science* 12: 1-11.
- Dimbleby GW. 1985. The palynology of archaeological sites. Academic Press, London.
- El Ghazali GEB & Moore PD. 1998. Modern lowland pollen spectra and contemporary vegetation in the eastern Sahel Vegetation Zone, Sudan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 100: 1-14.

- eobotany and Palynology 99: 235-246.
- Erdtman G. 1969. Handbook of Palynology. Nueva York: Hafner Publishing Co.
- Faegri K & Iversen J. 1975. Textbook of Pollen Analysis (3^a ed.). Nueva York: Hafner Publishing Co.
- Fernández S, Fuentes N, Carrión JS, Gonzalez-Sampé-
riz P, Montoya E, Gil G, Vega-Toscano G & Riquel-
me JA. 2007. The Holocene and Upper Pleistocene
pollen sequence of Carhuela Cave, southern Spain.
Geobios 40: 75-90.
- Frenzel B. 1964. Zur pollenanalyse von Lössen. Eiszei-
talter und Gegenwart 15: 5-39.
- Girard M & Renault-Miskovsky J. 1969. Nouvelles tech-
niques de preparation en palynologie appliques a
trois sediments du Quaternaire final de l'Abri Comeil-
le (Istres-Bouches-du-Rhone). Bulletin de l'Associa-
tion Française pour l'Etude du Quaternaire 4: 275-
284.
- González Porto AV, Díaz Losada E & Saa Otero MP.
1997. Composición de la lluvia polínica de zonas de
bosque y turbera en el NW de la Península Ibérica.
Polen 8: 61-68.
- González-Sampé-
riz P, Montes, L & Utrilla P. 2003. Pol-
len in hyena coprolites from Gabasa Cave (northern
Spain). Review of Palaeobotany and Palynology
126: 7-15.
- González-Sampé-
riz P, Valero-Garces BL, Moreno A,
Morellón M, Navas A, Machin J & Delgado-Huertas
A. 2008. Vegetation changes and hydrological fluc-
tuations in the Central Ebro Basin (NE Spain) since
the Late Glacial period: Saline lake records. Palaeo-
geography Palaeoclimatology Palaeoecology. 259:
157-181.
- Hall SA. 1981. Deteriorated pollen grains and the inter-
pretation of Quaternary pollen diagrams. Review of
Paleobotany and Palynology 32: 193 - 206.
- Horrocks M & Walsh KAJ. 2001. Forensic palynology:
assessing the weight of the evidence. In Proceed-
ings of the IX International Palynological Congress
(Goodman DK & Clarke RT, eds.). Dallas, Texas:
American Association of Stratigraphic Palynologists
Foundation, pp. 613-615.
- Juvigné E. 1973. Une méthode de séparation des pol-
lens applicable aux sédiments minéraux. Annales
de la Société géologique Belgique 96: 253-262.
- Mildenhall DC. 1982. Forensic Palynology. Geological
Society of New Zealand Newsletter 58:25.
- Mildenhall DC. 1988. Deer velvet and palynology: an
example of the use of forensic palynology in New
Zealand. Tuatara 30: 1-11.
- Mildenhall DC. 1990. Forensic palynology in New Zea-
land. Review of Paleobotany and Palynology (Spe-
cial Issue): 63.
- Mildenhall DC. 1992. Pollen plays part in crime-busting.
Forensic Focus 11: 1-4.
- Mildenhall DC. 2003a. Hitchet by Hypericum pollen. Ca-
nadian Association of Palynologists Newsletter 26:
4-6.
- Mildenhall DC. 2003b. An exemple of the use of forensic
palynology in assessing an alibi. Forensic Science
International 49: 1-5.
- Mildenhall DC. 2006. An unusual appearance of a com-
mon pollen type indicates the scene of the crime.
Forensic Science International 163: 236-240.
- Mildenhall DC, Wiltshire PEJ & Bryant VM. 2006. Foren-
sic palynology: Why do it and how it works. Forensic
Science International 163: 163-172.
- Moe D. 1983. Palynology of sheep's faeces: relationship
between pollen content, diet and local pollen rain.
Grana 22: 105-113.
- Munuera M, Carrión JS & Guerra J. 1995. Approaches
to airborne pollen in SE Spain. First survey in Mur-
cia: one year of pollen monitoring (1993-94). Aero-
biologia. International Journal of Aerobiology 11:
189-194.
- Munuera M & Carrión JS. 1994. Análisis polínico de
mieles de azahar de la Vega del Segura (Alicante y
Murcia). Alimentaria 258: 37-42.
- Navarro C, Carrión JS, Munuera M & Prieto AR. 2001. A
palynological study of karstic cave sediments on the
basis of their potential for palaeoecological recon-
struction. Review of Palaeobotany and Palynology
117: 245-265.
- Navarro C, Carrión JS, Navarro J, Munuera M & Prieto
AR. 2000. An experimental approach to the palyno-
logy of cave deposits. Journal of Quaternary Scien-
ce 15: 603-619.
- Navarro C, Carrión JS, Prieto AR & Munuera M. 2002.
Modern cave pollen and its application to describe
the palaeorecords in an arid environment. Complu-
tum 13: 7-18.
- Pons A & Reille M. 1988. The Holocene and upper
Pleistocene pollen record from Padul (Granada,
Spain): a new study. Palaeogeography, Palaeocli-
matology, Palaeoecology 66: 243-263.
- Stanley EA. 1992. Application of palynology to establish
the provenance and travel history of illicit drugs. Mi-
croscope 40: 149 -152.
- Stevenson AC. 1985. Studies in the vegetational history
of S. W. Spain. I. Modern pollen rain in the Doñana
National park, Huelva. Journal of Biogeography 12:
243-268.
- Szibor R, Schubert C, Schöning R, Krause D & Wendt
U. 1998. Pollen analysis reveals morder season. Na-
ture 395(6701): 449-450.
- Van Geel B, Bohncke SJP & Dee H. 1981. A palaeoeco-
logical study of an Upper Late Glacial and Holocene
sequence from "De Borchert", The Netherlands.
Review of Palaeobotany and Palynology 31: 367-
448.
- Van Geel B, Coope GR & Van der Hammen T. 1989. Pa-
laeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type
section at Usselo (The Netherlands). Review of Pa-
laeobotany and Palynology 60: 25-129.
- Van Geel B, Klink AG, Pals JP & Wiegers J. 1986. An
upper Eemian lake deposit from Twente, eastern
Netherlands. Review of Palaeobotany and Palyno-
logy 46: 31-61.
- Vázquez R & Peinado M. 1993. Relations between mo-
dern pollen rain and vegetation in the Sierra de Gua-
darrama (Madrid, Spain). Ecologia Mediterranea 19:
59-76.
- Wiltshire PEJ & Black S. 2006. The cribriform approach
to the retrieval of palynological evidence from the
turbines of murder victims. Forensic Science Inter-
national 163: 224-230.