

# PALINOLOGÍA FORENSE. EL DELATOR OLVIDADO: LA “HUELLA POLÍNICA” COMO EVIDENCIA POLICIAL

MANUEL MUNUERA GINER

Profesor Titular de Universidad. Universidad Politécnica de Cartagena

JOSÉ S. CARRIÓN GARCÍA

Catedrático de Universidad. Universidad de Murcia

## INTRODUCCIÓN

Edmond LOCARD (1877-1966) es considerado el padre de la moderna medicina forense. Contribuyó de forma decisiva al avance de la antropometría y, especialmente, de la dactiloscopia mediante el desarrollo de la poroscopia. En 1910, y dependiente del *Palais de Justice de Lyon*, fundó el primer laboratorio de policía científica de Francia (1) y probablemente el primero de su género en el mundo. Ese mismo año y por primera vez en Francia se condena a un hombre sobre la única prueba de una huella digital y en 2012 dos hombres, Boudet y Simonin, son condenados gracias al uso de la poroscopia desarrollada por Locard (2).

Para Locard, *“los restos microscópicos que cubren nuestras ropas y cuerpos son testigos mudos, seguros y fieles de nuestros movimientos y encuentros”* (3), de hecho, durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918) y trabajando para el Servicio Secreto Francés como médico militar, Locard examinó las manchas y estudió las partículas que habían quedado adheridas sobre los uniformes de los soldados tomados como prisioneros, con lo que pudo identificar los lugares por los que habían pasado, llegando incluso a descubrir la ubicación de emplazamientos enemigos (4). Pocos años después Locard inicia el capítulo 3 de su *Manuel de Technique Policière (Enquête criminelle)* afirmando que *“Il est impossible au malfaiteur d'agir avec l'intensité que suppose l'action criminelle sans laisser des traces de son passage”*, es decir *“es imposible que un criminal actúe, especialmente en la tensión de la acción criminal, sin dejar rastros de su presencia”* (5), sentencia a partir de la cual parece haberse formulado el conocido “Principio de

Intercambio o Principio de Locard”, según el cual “*siempre que dos objetos entran en contacto transfieren entre ellos parte del material que incorporan*”, que en su versión reducida y más popular dice, “*todo contacto deja un rastro*”.

Curiosamente, aunque va irremediablemente unido a su nombre y es uno de los principios fundamentales de la criminalística moderna, el “*Principio de Intercambio o Principio de Locard*” no aparece como tal en ninguno de los trabajos de Edmond Locard. La primera referencia al mismo es hecha por Reginald MORRISH en su *The Police and Crime-Detection Today* (6) y es Lewis Charles NICKOLLS quien en su *The Scientific Investigation of Crime* atribuye su formulación a Locard en 1928 (7).

Desde aquellos momentos iniciales del siglo XX, muchas han sido las disciplinas que han contribuido a consolidar este principio de intercambio, poniendo de relieve la existencia y concurrencia en el entorno de una actividad delictiva o criminal de una elevada variedad de fuentes de información que con el tratamiento adecuado pueden contribuir de forma definitiva al esclarecimiento de las circunstancias en las que un determinado hecho ocurrió. Estos elementos informadores, como ya indicaba el propio Locard, son muy variados y no siempre fácilmente apreciables, de hecho muchos de ellos son invisibles al ojo humano, microscópicos (8). Del estudio de algunos de estos “*testigos invisibles*” se encarga la *palinología*.

## LOS ORÍGENES DE UNA CIENCIA: LA PALINOLOGÍA

Si bien el término *palynology*, palinología en castellano, se acuña en 1944 (9) para referirse al estudio de los pólenes de las plantas con flores y de las esporas de hongos, helechos y musgos, podemos considerar que la palinología se inicia como disciplina científica allá por 1682, fecha en la que británico Nehemiah GREW (1641-1712) publica su *Anatomy of plants*, cuyo texto incluye la primera descripción conocida de un grano de polen observado al microscopio óptico (10).

Después de Grew otros investigadores como Joseph Gottlieb KÖLREUTER (1733-1806),

Franz Andreas BAUER (1758-1840), Jan Evangelista PURKINJE (1787-1869) y John LINDLEY (1799-1865) dedicaron parte de sus esfuerzos al estudio de los granos de polen, haciendo importantes aportaciones. No obstante, hubo de pasar más de un siglo y medio hasta que entre 1834 y 1837 Hugo von MOHL (1805-1872) hiciera públicos los primeros resultados de una detallada clasificación descriptiva de las formas de los granos de polen de 211 familias botánicas en función de las variaciones que presentan en los ornamentos de su superficie y en los modos de apertura. En 1890, pasados 200 años desde las primeras descripciones conocidas de un grano de polen, la tesis doctoral de Carl Albert Hugo FISCHER (1865-1939) presenta los resultados del estudio de la morfología polínica de más de 2.200 especies, poniendo de manifiesto el interés y potencial que los granos de polen pueden tener para diferenciar especies y establecer su filogenia. Este evidente potencial fue bien utilizado por investigadores como Rudolf PFISTER, que en 1895 mostró en su tesis doctoral cómo los granos de polen podían ser utilizados para determinar el origen floral de las mieles (11, 12).

Paralelamente a este desarrollo en el conocimiento de la morfología polínica y el reconocimiento de su utilidad para identificar especies, ocurrieron algunos otros hechos de interés. En 1836, Johann Heinrich Robert GÖPPERT (1800-1884) fue el primero en observar granos de polen fósiles, es decir, granos de polen conservados en el sedimento durante cientos, miles, decenas de miles e incluso centenares de miles de años. Tras él, otros como Christian Gottfried EHRENBERG (1795-1876) y Paul Friedrich REINSCH (1836-1914) contribuyeron al inicio de una nueva línea de investigación cuyo objeto era identificar las partículas polínicas contenidas en sedimentos e interpretar el significado de su presencia en los mismos, siendo Nils Gustav von LAGERHEIMS (1860-1926) el primero en sugerir que, como los pólenes se van depositando de forma continua en el suelo y allí se conservan durante largo tiempo junto a los sedimentos coetáneos, son un elemento de gran valor en la reconstrucción y esclarecimiento de la estratigrafía. La introducción de la estadística en el análisis de estos resultados

supuso un gran avance, y llevó a Ernst Jakob Lennart von POST (1884-1951) a presentar en 1916 el que se considera primer análisis cuantitativo de un registro polínico, convirtiéndose la ocasión en un hito que marca el inicio de la palinología moderna (11, 12).

La variedad presentada por los pólenes y la posibilidad que ofrecían de identificar las especies que los producían se tradujo en la década de 1940 en la aparición de una notable y creciente variedad de nuevos y creativos modos de usar los datos polínicos en la resolución de distintos problemas científicos. Sin embargo, y aunque ya en 1930 Locard citaba los pólenes y las esporas como uno de los elementos informadores que podían ser de utilidad al investigador forense (8), tuvieron que pasar casi 30 años para que en 1959 se usara por primera vez el polen como prueba en la resolución de un delito (13), marcando el nacimiento de una interesante disciplina, la *palinología forense*.

## POLEN Y PALINOMORFOS

La pared externa de los pólenes (exina) contiene esporopolenina, una biomolécula altamente resistente que puede sobrevivir en los sedimentos geológicos durante cientos de miles de años y conservar su morfología (14). La esporopolenina no tiene rival en la naturaleza por su resistencia química, es tan resistente que no puede ser fácilmente separada en sus componentes elementales, por lo que su composición exacta no es del todo conocida pese a los cientos de estudios realizados durante décadas mediante el uso de la más amplia variedad de técnicas (15).

Básicamente, la obtención de granos de polen –ya sean fósiles o recientes– a partir de un sedimento consiste en tomar una muestra y someterla a tratamientos físico-químicos y centrifugaciones sucesivas hasta eliminar todo aquello que no es polen, que resiste casi cualquier cosa gracias a la esporopolenina. El método estándar de preparación y extracción de los pólenes presentes en sedimentos consiste en una serie de ciclos de ataque alternativo con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio hirviendo y con ácido clorhídrico hirviendo; habitualmente el proceso incluye ace-

tolisis, que implica hervir las muestras en una mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico concentrado (16). En ocasiones, las características del sedimento exigen el tratamiento previo de las muestras con ácido fluorhídrico.

Los primeros palinólogos (especialistas en palinología) pronto descubrieron con sus microscopios que junto a los pólenes y esporas que extraían de los sedimentos y que eran su objetivo principal aparecían restos de otras partículas microscópicas de origen biológico y formados básicamente por esporopolenina, aunque también quitina y compuestos relacionados. Observaron que cuando para la extracción del polen se usaban métodos químicos menos agresivos, podían aparecer, además, elementos de naturaleza celulósica, silíceo o calcárea, partículas que son sistemáticamente destruidas cuando se usa el proceso habitual. Variaciones en los métodos de preparación de las muestras han permitido ir aislando y conociendo cada vez mejor estas micropartículas biológicas, que progresivamente han ido incorporándose al objeto de estudio de la palinología. Estas especiales micropartículas se agrupan conjuntamente bajo el nombre genérico de *palinomorfos*.

Hoy en día, los palinomorfos, entendidos como *los restos microscópicos, fósiles o recientes, de origen biológico y naturaleza mayoritariamente orgánica que aparecen junto con los pólenes cuando estos son extraídos de una muestra de sedimento para su estudio*, incluyen una amplia variedad de partículas entre las que encontramos:

- **Pólenes:** contienen esporopolenina, son producidos por las 500.000 especies de plantas conocidas.
- **Esporas:** células reproductoras de los musgos, helechos y hongos. Las de musgos y helechos contienen esporopolenina, las de hongos son de naturaleza quitinosa. Se conocen unas 80.000 especies de hongos, aunque se estima que pueden ser más de un millón. De musgos existen unas 24.000 especies y de helechos más de 10.000
- **Quistes algales:** estructuras algales de resistencia y reposo, a veces macroscópicas (hasta 0,5 mm)
- **Foraminíferos:** protozoos principalmente

marinos que presentan esqueleto intracelular o conchilla de naturaleza calcárea, aunque en algunos géneros es silíceo o quitinosa. Se conocen unas 275.000 especies, muchas de ellas fósiles.

- **Acritarcos:** microfósiles exclusivamente marinos de naturaleza orgánica (no calcárea ni silíceo) que se atribuyen a cáscaras de huevos y quistes de diversos organismos.
- **Microfósiles animales:** distintos restos de artrópodos y otros invertebrados, como patas, antenas, mandíbulas, escolecodontos,... Se incluyen en el grupo algunos invertebrados microscópicos completos, como ácaros.
- **Quitinozoos:** microfósiles en forma de matriz o saco, de naturaleza quitinosa exclusivamente marinos y de origen incierto que parecen corresponderse con restos de huevos o estadios juveniles de animales.
- **Fitolitos:** biomineralizaciones, por lo general, de naturaleza silíceo, que se producen en el interior de células vegetales adoptando la forma de estas, por lo que cada forma fitolítica puede hacerse corresponder con un determinado tipo celular o tejido.
- **Diatomeas:** algas microscópicas que habitan tanto en aguas dulces como saladas y presentan una cubierta silíceo de dos piezas (frústula). Se conocen más de 5.000 especies vivas pertenecientes a más de 200 géneros, y se estima que puede haber hasta 100.000 especies fósiles.
- **Radiolarios:** protozoos exclusivamente marinos con esqueleto de naturaleza silíceo formado por dos cámaras concéntricas.
- **Dinoflagelados:** protozoos unicelulares con exoesqueleto formado por placas de celulosa (tecas). La mayoría de las especies conocidas habita en medio marino. Se conocen unas 4.500 especies (más de la mitad fósiles) agrupadas en unos 550 géneros.
- **Cocolitos:** placas de naturaleza calcárea que recubren el cuerpo unicelular de unos protozoos exclusivamente marinos llamados cocolitofóridos.

La especial combinación que de estos elementos se presenta en un sedimento es una “*huella polínica*”, que puede ser utilizada para identificarlo y reconstruir su historia.

## PALINOLOGÍA FORENSE: CONCEPTO Y FUNDAMENTOS

Entendemos por palinología forense, el estudio de los palinomorfos –básicamente pólenes y esporas– presentes en las muestras relacionadas con un delito a fin de obtener información que ayude a reconstruir los escenarios espacio-temporales en los que se ha producido, contribuya al esclarecimiento de las circunstancias que concurren en el mismo y permita la identificación de los participantes.

La potencialidad y utilidad de la palinología como herramienta de investigación forense se fundamenta en las especiales particularidades que presentan los palinomorfos en relación con su producción y dispersión, su morfología, su resistencia y durabilidad, la ubiquidad de los organismos productores y la posibilidad de obtener espectros representativos. Nos vamos a centrar en el palinomorfo más importante, el polen, y parcialmente en las esporas de musgos, helechos y hongos, si bien todos los fundamentos que a continuación se comentan son extensibles, con matices, al resto de partículas como microfósiles, acritarcos, diatomeas, quistes...

### Producción y dispersión

En la época de reproducción, las plantas producen polen que ha de viajar desde la estructura reproductora masculina (estambre) hasta la femenina (gineceo). En unas pocas especies ese viaje es tan corto que se produce entre el estambre y el gineceo de una misma flor (autogamia), flor que en unas pocas y raras especies no llega ni siquiera a abrirse (cleistogamia). En la mayoría de las plantas el proceso implica el transporte de polen de una flor hasta el gineceo de otra flor, a menudo incluso en otra planta diferente (alogamia). En este último supuesto el viaje puede realizarse por intermedio de animales (zoogamia), del viento (anemogamia) o del agua (hidrogamia).

Las plantas anemógamas, especialmente en

el caso de algunos grupos como las coníferas o las gramíneas, producen cantidades ingentes de polen que es directamente liberado a la atmósfera, donde pueden viajar largas distancias, pudiendo superar, si las condiciones son propicias, los 1.500 km. La mayoría de ellos no alcanza su destino y tras haber sufrido un transporte más o menos largo terminan por depositarse en el suelo, el agua y todo tipo de superficies, donde podrán permanecer incluso durante miles de años en forma de una “*huella polínica*”.

Las plantas zoógamas producen cantidades menores de polen, que se pegará a los animales (principalmente insectos) para realizar su viaje. En este caso tampoco todos los pólenes consiguen completar su viaje con éxito y sólo unos pocos llegan hasta la parte femenina de una flor, mientras que la inmensa mayoría acaba depositándose en el suelo a unos pocos metros de la planta productora, apenas un 5% llega inicialmente más allá de 1 km, si bien procesos de reflotación y otros factores pueden provocar una dispersión secundaria cuyo alcance y naturaleza va a depender del agente incidente: agua, viento, animales...

El distinto comportamiento en la dispersión del polen tiene importantes repercusiones pues la presencia de pólenes de plantas zoógamas o autógamas en un sedimento implica que este procede de un lugar próximo a estas plantas, lo que en el ámbito forense puede servir para situar con precisión la escena de un crimen. Por otra parte, el hecho de que haya una sobreproducción y se liberen más pólenes de los que alcanzarán las partes femeninas para fecundarlas hace que siempre haya una importante cantidad de pólenes que se incorporan a los sedimentos del suelo y otras superficies, dejando en ellas una “*huella polínica*” que es característica de cada ecosistema o ambiente.

Musgos, helechos y, especialmente, hongos producen igualmente enormes cantidades de esporas que están sometidas a los mismos procesos de dispersión, deposición y reflotación que afectan a los pólenes.

## Ubiquidad

Existe una enorme variedad de plantas. Se conocen más de 500.000 especies, que se encuentran ocupando diferentes nichos ecoló-

gicos en todos los ecosistemas terrestres y en buena parte de los acuáticos. A cada ambiente corresponde una determinada comunidad vegetal, que se reflejará en el contenido polínico de los sedimentos vecinos (“*huella polínica*”), lo que virtualmente va a permitir diferenciar el origen de una determinada muestra de sedimento. Por su amplia distribución, puede afirmarse que, en mayor o menor medida, las plantas y, por tanto, sus pólenes se encuentran en cualquier lugar.

La distribución de musgos y helechos puede considerarse reducida a ambientes muy particulares, lo que da un valor añadido a sus esporas, cuya presencia pueden tener un alto valor diagnóstico en una muestra, permitiendo asociarla a un lugar concreto y más o menos reducido. Por su parte, la extraordinaria variedad de los hongos hace casi imposible no encontrar alguna especie en cualquier lugar, ya sea terrestre o acuático. Como en los casos anteriores, son especialmente interesantes por su valor diagnóstico los grupos más especializados y de ecología más reducida.

Palinomorfos como los quistes algales, foraminíferos, dinoflagelados y diatomeas están ampliamente distribuidos en ambientes acuáticos dulces y salados de todo el mundo. Otros como los quitinozoos y acritarcos están restringidos a depósitos fósiles marinos. El proceso de degradación de algunos organismos da lugar a la aparición de restos como los coccolitos, fitolitos, microfósiles animales..., que terminan por depositarse en suelos y otros sedimentos.

En consecuencia, puede afirmarse que los palinomorfos –modernos o antiguos, en mayor o menor medida y en forma de pólenes, esporas u otras estructuras– están prácticamente omnipresentes en cualquier medio terrestre o acuático que podamos considerar.

## Resistencia y durabilidad

Como se dijo antes, la composición de la pared del grano de polen (esporopolenina) hace que se trate de una partícula extraordinariamente resistente a la degradación física y química, por lo que una vez incorporada a un sedimento puede permanecer en él durante miles de años (14), dejando una señal o “*huella polínica*”, que da fe de la existencia en un

determinado momento de un particular conjunto de especies vegetales. Lo mismo ocurre con las esporas de musgos y helechos. Aunque menos resistentes, el resto de palinomorfo también tiene una gran resistencia y durabilidad, por lo que es posible recuperarlos de un sedimento mucho tiempo después de que los organismos productores hayan incluso desaparecido.

## Morfología

La pared externa de los granos de polen (exina) es una *estructura* compleja que puede constar de varias capas. Cada una de ellas aporta distintas características morfológicas a los granos de polen, pudiendo presentarse o estar ausentes elementos tales como columelas, tectum, infratectum y *elementos esculturales* diversos (espinas, gránulos, espículas, verrugas, gemas, báculos...). La *superficie*, por su parte, puede ser lisa o presentar discontinuidades de distinto tamaño y distribución que le dan un aspecto reticulado, microrreticulado, perforado..., dando lugar a lo que se conoce como *ornamentación*, que puede o no ser homogénea sobre toda la superficie. Otros aspectos variables en los granos de polen son su *tamaño* (que oscila entre las 5 y las 200 micras) y su *forma* (esférica o más o menos alargada). La forma puede, además, ser diferente cuando miramos el grano de polen desde su eje ecuatorial o desde su eje polar.

Finalmente hay que considerar las llamadas *aperturas*, zonas adelgazadas de la exina que permiten, tanto la salida del tubo polínico para que se produzca la fecundación, como plegamientos para soportar cambios de volumen del grano de polen. Estas aperturas pueden ser de tres tipos básicos diferentes (colpo, poro y colporo) y presentar una extraordinaria variedad de tamaños, número y distribución, y diferencias en la relación longitud/anchura y en la distribución sobre la superficie del grano de polen.

Con todo esto resulta que la particular combinación de estructura, tamaño, forma, apertura, superficie y ornamentación permite diferenciar familias, géneros e incluso especies de plantas.

## Espectros representativos o “Huellas polínicas”

Por lo visto hasta ahora sabemos que las plantas ocupan todos los ambientes terrestres y producen una elevada cantidad de polen que, en su mayor parte y tras un proceso de transporte más o menos largo, termina depositándose en el suelo y otras superficies dejando un rastro permanente de su presencia. Una vez allí, gracias a su contenido en esporopolenina, pueden permanecer más o menos inalterados incluso durante cientos de miles de años.

Cada grano de polen presenta una morfología particular que permite diferenciarlo de otros y hacerlo corresponder con un determinado taxón —especie, género o familia—. El estudio de las frecuencias relativas del conjunto de los pólenes de una muestra en combinación con otras particularidades (cantidades en que se produce, método de dispersión, capacidad de conservación diferencial,...) permite obtener un *espectro polínico* o “*huella polínica*”, que informa de la presencia en un lugar de un determinado conjunto de plantas y de su abundancia. Como quiera que cada especie tiene una determinada ecología y distribución, el análisis detallado de un espectro o “*huella polínica*”, permite hacer inferencias sobre su procedencia —localización geográfica y localización ambiental o ecológica— y sobre las condiciones —temperatura, humedad, clima...—, y tiempo —momento del año— en que esta se originó.

Por lo general, en un espectro o “*huella polínica*”, se encuentran una o dos especies dominantes, unas pocas secundarias y un número más o menos elevado de otras especies que podemos llamar menores. Los pólenes mayoritarios definen las características principales de la muestra (pinar, pradera...), pero son los tipos menos frecuentes los que a menudo tienen un mayor valor discriminatorio, pues dotan a las muestras de características específicas que permiten diferenciarlas de muestras procedentes de entornos similares (17, 18).

La información que dan los palinomorfo es mucho más sólida y consistente cuando no se consideran de forma aislada pólenes, esporas,... sino que se analiza conjuntamente la totalidad de los elementos que están presentes en una muestra.

## Corolario

Por el ubiquismo de los organismos de los que proceden, su alta resistencia a la degradación y por su propia capacidad de dispersión, los pólenes y otros palinomorfos están virtualmente presentes en cualquier escenario por largos periodos de tiempo.

En consecuencia, y atendiendo al principio de intercambio de Locard, en nuestra actividad cotidiana estamos siendo permanentemente “impregnados”, con algunos de los palinomorfos –recientes o antiguos– que se hayan presentes en los escenarios en que nos movemos y dejamos en los mismos algunos de aquellos con los que habíamos sido “impregnados” previamente en otros lugares.

Es por eso que el estudio de los pólenes y otros palinomorfos contenidos en las muestras tomadas sobre personas y objetos relacionados con un crimen aporta información esclarecedora y, en última instancia, puede permitir tanto la reconstrucción de los escenarios espacio-temporales en los que se ha producido, como el conocimiento de las circunstancias que concurren en el mismo y la identificación de los participantes.

## POTENCIAL DE LA PALINOLOGÍA FORENSE

En el 1969 el botánico sueco y pionero de la palinología Otto Gunnar Elias ERDTMAN (1897-1973) publicó su famoso *Handbook of Palynology* (13). En este libro Erdtman relata cómo la palinología permitió resolver un caso de asesinato ocurrido en 1959 en Viena (Austria). Tras la desaparición de un hombre en las cercanías de Viena y sin la existencia de un cadáver, la policía encontró en casa de un sospechoso un par de botas sucias de barro. Las muestras fueron remitidas al geólogo Wilhelm KLAUS para su análisis. La particular presencia de pólenes de *Abies* y *Salix* en combinación con las poco frecuentes miosporas de una especie miocena de más de 20 millones de años de antigüedad permitieron al Dr. Klaus establecer como origen cierto de las muestras una pequeña área 20 Km al norte de Viena. Al ser llevado a la zona indicada por Klaus el sospechoso confesó la autoría del cri-

men e indicó el lugar en que se encontraba el cuerpo de la víctima.

Aunque puede no ser el primer caso de un crimen resuelto con ayuda de la palinología, ciertamente sí es el primer caso resuelto reportado. Desde entonces, numerosos han sido los ejemplos en cuyo esclarecimiento se ha utilizado la palinología forense como fuente de evidencia para la resolución de casos de falsificación, violación, homicidio, genocidio, terrorismo, agresión, robo, incendios provocados, atropellos, importación ilegal,... Algunos de estos casos han sido publicados por autores como Palenik (19), Newman (20), Mildenhall (21, 22, 23, 24, 25, 26), Brown & Llewellyn (27), Bryant & Mildenhall (28), Bryant et al. (29), Jarzen (30), Stanley (31, 32), Horrocks & Walsh (33) y otros.

En general, la palinología forense puede ser usada, por ejemplo, para (34):

- Relacionar a un sospechoso o un objeto con la escena de un crimen.
- Relacionar a un sospechoso con los objetos encontrados en la escena forense.
- Descubrir el lugar donde ha sido cometido un crimen y determinar si ha habido traslados postmortem.
- Probar o refutar coartadas.
- Reducir la lista de sospechosos.
- Determinar la historia de viaje de objetos y productos, incluidas drogas.
- Proporcionar información sobre las características ecológico-ambientales del lugar de procedencia de un determinado artículo o producto.
- Aportar información sobre el origen geográfico de un objeto o producto.
- Ayudar a la policía en sus líneas de investigación.
- Facilitar la localización de tumbas clandestinas y restos humanos.
- Conocer y aclarar las circunstancias perimortem de una víctima.
- Determinar el momento de deposición o enterramiento de restos humanos.

Además de por su ya mencionado ubiquismo y resistencia a la degradación, el potencial que muestra el estudio de los palinomorfos presentes en la escena de un crimen se debe en buena parte a que –por su número

y tamaño— son difícilmente eliminados de la escena de un crimen. Incluso tras una concienzuda limpieza pueden permanecer en número suficiente para permitir la obtención de evidencias.

En un escenario forense los palinomorfos pueden encontrarse en suelo, polvo, barro, textiles..., en prácticamente cualquier superficie. En el caso de personas y animales, los pólenes y esporas son frecuentemente encontrados en pelo, uñas, piel, mucosas—incluyendo el tracto respiratorio (35)— y, por supuesto, en ropa y calzado (26).

## **PALINOLOGÍA FORENSE, UNA REALIDAD QUE FUNCIONA**

Ya se ha comentado cómo en 1959 se resuelve el primer caso del que se tiene constancia con ayuda de la palinología. Cabe preguntarse ahora si se trata de una anécdota o si realmente la palinología forense es una herramienta útil que permite, primero, obtener pólenes y otros palinomorfos a partir de objetos y personas relacionadas con un suceso criminal y, después, interpretar los resultados de manera que se obtenga una reconstrucción fiable de las circunstancias concurrentes en el mismo y permita la identificación de sus protagonistas. Para resolver esa duda, y aunque no siempre se encuentra información completa accesible, vamos a revisar brevemente algunos otros casos reales.

Ese mismo año, 1959, la palinología aportó datos en la investigación de un *asesinato* en Suecia. Si bien hasta donde sabemos el caso no terminó de resolverse, lo cierto es que tras aparecer el cadáver de una mujer en una zona rural se procedió al lavado de sus ropas cubiertas de barro. El líquido resultante se envió a un palinólogo de la universidad, que comparó el contenido polínico de las mismas con el de muestras tomadas en los sedimentos y superficies cercanas al lugar en que apareció el cuerpo de la mujer muerta. Los espectros polínicos (huellas polínicas) de las muestras de control no coincidían con las de las obtenidas de las ropas, evidenciando que la mujer había sido asesinada en un lugar distinto, produciéndose un *traslado postmortem* hasta el lugar en el que apareció (36).

Max Frei era un criminólogo suizo que en los años '70 del pasado siglo se hizo muy popular por sus estudios sobre el contenido polínico de la sábana santa. Aunque los resultados de estos trabajos se han puesto en entredicho (28), lo cierto es que algunos años antes, en la década de los '60, fue capaz de permitir la *identificación de un asesino* y de mostrar su culpabilidad. Tras el crimen, el sospechoso mantenía que su pistola no pudo ser utilizada para cometer el asesinato porque había permanecido sin tocar y guardada en su caja durante los últimos meses. El estudio de la grasa de la pistola reveló que contenía pólenes de aliso y de abedul. Ambas plantas se encontraban en período de floración cuando ocurrió el asesinato, pero no en el momento que el sospechoso decía haber limpiado y engrasado el arma por última vez meses atrás. Esta prueba fue suficiente para *relacionar a un sospechoso con la escena y el momento del crimen* y condenarle (20, 28).

En otra ocasión, Frei pudo demostrar que un documento no había sido firmado en junio, por lo que se trataba de una *falsificación*. En este caso, la tinta del bolígrafo usado para la firma había servido como adherente para una significativa cantidad de polen de cedro reciente (conservaba la intina e incluso el contenido celular). Puesto que estos árboles florecen en octubre-noviembre, no era posible que sus pólenes estuvieran presentes en la tinta examinada si el documento realmente hubiera sido firmado en junio, por lo que no podía ser auténtico (20, 37).

A principios de los años '70, el gobierno estadounidense promocionaba la producción de mieles doméstico-artesanales mediante subsidios en el seno del *United States Farm Subsidy Purchase Program* del *US Department of Agriculture (USDA)*. La caída del precio de la miel en el mercado hizo que el precio USDA fuera superior al del mercado y se inició una investigación con el objeto de identificar a quienes no cumplían las condiciones del programa y estaban cometiendo, entre otros delitos, un *fraude alimentario*. Varios cientos de muestras fueron tomadas durante varios años y analizadas por palinólogos de la *Texas A&M University*, que mediante el estudio de los espectros polínicos determinaron cuáles eran las fuentes de néctar y los orígenes

florales de cada una de ellas, llegando a la conclusión de que aproximadamente el 6% de ellas eran mieles no domésticas fraudulentamente acogidas al plan (36).

En 1980 un hombre es detenido por atracar una tienda de licores en el estado de Illinois. Durante su estancia en el calabozo comenta con un compañero que no se encontraría en esa situación si su maldita camioneta no se hubiera atascado en el barro. El compañero de celda del detenido comenta el hecho con el agente encargado de custodiarlos, que casualmente conocía los detalles de un *secuestro con robo y asesinato* cometido en una granja situada unos 80 km. al sur, y en la que había aparecido una camioneta abandonada, quemada y atascada en el barro. Preguntado sobre este hecho el sospechoso niega haber estado en esa zona y que la camioneta sea suya. Como quiera que la vía de escape natural desde la escena del crimen era una autovía cercana separada de la granja por un campo de maíz, se decide tomar muestras de la ropa del sospechoso y se envían para ser examinadas por un botánico y un palinólogo, que encuentran restos de hojas y polen de maíz en las mismas. El polen está en tales cantidades y distribuido sobre la ropa de manera que indica que quien las vestía había atravesado a pie un maizal en floración, justo como el del lugar del crimen. Con la descripción del sospechoso se comprueba que varios testigos lo vieron en la autovía cercana al maizal haciendo autostop y la búsqueda posterior permite encontrar sus huellas en la casa de la víctima. De esta manera se consiguió *ubicar al sospechoso en el escenario y momento del crimen*, lo que fue suficiente para condenarlo (28, 36).

El terciopelo se extrae de las cornamentas de los ciervos y en ciertas partes de Asia se le atribuyen propiedades mágicas y curativas. Por esa razón el terciopelo es recolectado de los ciervos domésticos en Nueva Zelanda y luego vendido a un buen precio. A finales de 1979 una partida valorada en unos 20.000 dólares fue robada a un ganadero de Nueva Zelanda. Al mismo tiempo, varios sacos de lana desaparecieron de un cobertizo cercano, probablemente para usarlos en el transporte del terciopelo. Unos meses después, a principios de 1980, alguien fue detenido con una

cantidad muy importante de terciopelo. Este sospechoso declaraba haber conseguido el terciopelo de ciervos salvajes de las zonas libres autorizadas de los bosques y zonas de matorral de Nueva Zelanda. Muestras de superficie del almacén robado, de los sacos de lana y del terciopelo fueron tomadas y analizadas en busca de polen. Los análisis dieron lugar a espectros o "*huellas polínicas*", que condujeron a la *demonstración de orígenes geográficos distintos* para las muestras, de modo que el terciopelo en posesión del sospechoso provenía de la granja robada o un lugar "*similar*", desde el punto de vista de la vegetación y, en ningún caso, de las zonas de bosque y matorral donde el acusado decía haber recogido el terciopelo (21).

En la década de los '80 una compañía europea se dedicaba a la exportación de maquinaria de distintos puntos de Asia. La maquinaria era empaquetada en cajones de madera y cargada en barcos que en su recorrido hacían diversas paradas para dejar parte de su mercancía y cargar otras. A la llegada al destino, las cajas no contenían la esperada maquinaria sino sacos de tierra, lo que indicaba que en algún lugar del viaje se había producido el robo de la maquinaria y su sustitución por los sacos sin valor. Las muestras de tierra fueron analizadas en busca de pólenes y arrojaron un espectro polínico que incluía plantas frecuentes en Sudáfrica. Como una de las paradas del barco era Ciudad del Cabo, el polen sirvió para *centrar la línea de investigación de la policía y descartar algunas de las posibilidades iniciales*. Varios meses más tarde la maquinaria desaparecida fue encontrada en un almacén de Sudáfrica (28).

En 1990, durante una operación antidroga llevada a cabo en *New York* se aprehende un alijo de cocaína. Muestras de la misma son estudiadas por el palinólogo Ed Stanley, del *New York Forensic Laboratory*, que detecta la existencia de tres diferentes asociaciones polínicas en el espectro o "*huella polínica*", de la muestra. Uno de los grupos polínicos correspondía a plantas originarias de regiones montañosas de menos de 2.000 m de altitud de Colombia y Bolivia. Estos pólenes carecían de citoplasma y la exina de algunos de ellos estaba algo estropeada, por lo que se llegó a la conclusión de que eran pólenes que se

depositaron sobre las plantas de coca antes de la recolección de la hoja o se habían incorporado durante el procesamiento al aire libre de la hoja para la obtención de la cocaína, por lo que habrían sufrido estas alteraciones. La presencia de esporas de *Lycopodium* sugería que el tratamiento de la hoja de coca para la obtención de la cocaína había tenido lugar entre septiembre y noviembre, momento en el que en esas zonas de Colombia y Bolivia este helecho libera sus esporas. Un segundo grupo correspondía a los pólenes de *Pinus banksiana* y *Tsuga canadensis*, dos especies arbóreas subárticas que crecen juntas sólo en reducidas áreas de la frontera entre USA y Canadá, sugiriendo que la droga pura había sido transportada, probablemente por avión, a alguna de esas zonas para ser “cortada” y después introducida en USA. El tercer grupo de pólenes correspondía con una especial asociación de pólenes de malas hierbas y árboles frecuentes en zonas urbanas descuidadas y parques de New York, sugiriendo que la droga había sido “cortada”, de nuevo y preparada en las inmediaciones de esta ciudad para su distribución final y venta en la calle. Se obtuvo así información valiosa sobre las posibles vías de entrada y distribución de la droga (38).

1994, unos obreros encuentran en Magdeburg (Alemania) una fosa común con los restos de 32 soldados rusos que habían sido ejecutados con un tiro en la cabeza. Los investigadores del caso deseaban saber si las víctimas habían sido ejecutadas por la Gestapo en abril-mayo de 1945 o por la policía secreta soviética durante su incursión en la zona durante junio de 1953. Con intención de esclarecer este hecho se contactó con el Dr. Reinhard Szibor, forense de la *Otto von Guericke University* de Magdeburg, quien puso en el caso a su alumno Christoph Schubert. Durante un año Schubert tomó muestras de la mucosidad de su nariz para analizar su contenido polínico y lo comparó con el registro del contenido polínico de la atmósfera, observando una extraordinaria correlación entre los tipos polínicos y las estaciones del año. Procedió después a examinar muestras tomadas en los restos del tejido nasal de varios cadáveres, llegando a *determinar el momento de la ejecución y enterra-*

*miento*, el verano, por lo que la ejecución debió ser llevada a cabo por los rusos en 1953, dato que ayudó a la reconstrucción de este *crimen de guerra* (36, 39).

Otro interesante ejemplo de investigación en *crímenes de guerra y genocidio* se encuentra en Bosnia. Según testimonios de los lugareños, durante 1995 cientos de serbios habían sido masacrados y enterrados en 7 grandes fosas comunes. Tres meses después habrían sido desenterrados y llevados a distintos lugares para simular pequeños enterramientos locales. Entre 1997 y 2002 un equipo forense de la ONU exhumó los restos de numerosas fosas comunes y se tomaron 240 muestras de polen de los lugares en los que aparecieron los cuerpos, de los lugares de los que supuestamente provenían y de los cadáveres. Los espectros polínicos obtenidos demostraban que, efectivamente, se produjo un *traslado postmortem*, es decir, los cuerpos habían sido desenterrados y trasladados a fosas más pequeñas como aseguraban algunos testigos (36).

En 1999 un cazador encuentra un cadáver en descomposición en el monte Holdsworth (Nueva Zelanda). Tras año y medio de investigación un individuo es acusado de cometer el crimen. Los testigos hablan de un hombre vistiendo una cazadora igual a una que tiene el sospechoso, cuya coartada es que se trata de un error pues él nunca había estado en aquel lugar y, además, dicha chaqueta fue comprada en Holanda y traída directamente a Wellington (capital de Nueva Zelanda, unos 100 km al sur del lugar en el que apareció el cuerpo) y que nunca había llevado esa cazadora en ningún lugar fuera de la ciudad. Además afirmaba que los pantalones tricolor que supuestamente vestía en el momento del crimen habían sido comprados después del asesinato en una pequeña ciudad costera alejada del lugar. El estudio de muestras tomadas de las dos prendas de ropa, una mochila y la batería del teléfono mostraba la presencia de pólenes de haya, planta característica de la zona en la que se cometió el crimen y en flor por esas fechas. En el juicio, una vez presentadas las pruebas se pudo *refutar la coartada y relacionar al sospechoso con el lugar de crimen*. El acusado cambió su declaración, admitiendo que estuvo el en lugar del asesinato, aunque

seguía negando su implicación en el mismo (40).

Auckland, Nueva Zelanda, junio de 2004, según su propio testimonio, una joven es asaltada y arrastrada hasta un seto cercano. Bajo amenaza es obligada a practicar sexo oral y después violada. Después, el violador toma su coche y lleva a la víctima a otro lugar, donde la viola repetidas veces. La chica es abandonada poco más tarde en las proximidades de su casa. En la zona indicada por la chica, ajardinada con un seto de *Coprosma*, se encuentran signos de lucha. Pocos días más tarde es detenido un sospechoso e identificado por la chica. Los análisis de ADN confirman la existencia de contacto entre la víctima y el sospechoso, pero no confirman la declaración de la chica. Si fuera posible relacionar el suceso con el lugar indicado por la chica la declaración de esta ganaría solidez y el supuesto asaltante podría ser imputado de otros cargos. Durante la investigación fueron tomadas y posteriormente analizadas en busca de pólenes y esporas varias muestras de la fosa pilonidal (hendidura interglútea), la vulva, la chaqueta y los pantalones de la chica, así como muestras de control del suelo del escenario del crimen. La particular composición en esporas de hongos y pólenes encontrada en las muestras ("huella polínica"), sirvió para corroborar la declaración de la víctima, lo que conjuntamente con el resto de pruebas aportadas (DNA e identificación) condujo a una condena por secuestro, intento de asesinato y violación múltiple (26).

## PRESENTE Y FUTURO DE LA PALINOLOGÍA FORENSE

Pese a que la palinología es una ciencia precisa y consolidada, el número de especialistas es muy bajo. Más bajo aún es el número de los que se dedican a su rama forense, ya que, a la dificultad que presentan tanto el reconocimiento e identificación precisa de los distintos palinomorfos como la interpretación del significado de su presencia en una muestra, se suma el hecho de que los palinólogos no suelen estar familiarizados con las técnicas y procedimientos del ámbito legal, que exige recolección, conservación, custodia y análisis de

las muestras en condiciones tales que se garantice rigurosamente la ausencia de alteración y contaminación a lo largo de todo el proceso; de no ser así, el estudio polínico puede traducirse en resultados sobre los que exista duda razonable y sean rechazados como evidencia válida ante un tribunal o, lo que es peor, podrían conducir a conclusiones erróneas.

Por otra parte, la necesidad de laboratorios adecuadamente preparados para evitar la contaminación polínica de las muestras forenses durante su procesamiento es otro importante hándicap, pues se trata de exigentes condiciones que no suelen darse en la mayoría de los laboratorios de análisis polínico.

El bajo número de especialistas y el aún menor de laboratorios adecuadamente preparados, unido al hecho de que en los estamentos judiciales y cuerpos policiales hay un desconocimiento generalizado del verdadero potencial que tiene la palinología para establecer conexiones entre la escena del crimen y un sospechoso o un objeto, ha hecho que su aplicación al campo forense sea casi nula en la mayor parte del mundo.

Todas estas dificultades, para nada afectan al potencial real de la palinología forense, aunque sólo en Gran Bretaña y Nueva Zelanda parece haberse comprendido bien la utilidad que esta disciplina tiene y probablemente sean los únicos países del mundo donde se recurre de forma rutinaria a ella como medio plenamente validado para la obtención de evidencias aceptadas en los juicios (41). Otros países como Malasia y Australia parecen estar siguiendo el ejemplo (17) y en otros como Estados Unidos son cada vez más los casos en los que la palinología ha sido fuente de pruebas en juicios penales (34).

Es cierto que en los últimos 30 años han sido numerosos los trabajos publicados sobre cuestiones metodológicas por autores como Mildenhall (21, 22), Bryant *et al.* (29), Bryant & Mildenhall (28) y Mildenhall *et al.* (34), McKinley & Alastair (42), Bryant & Jones (38), Eyring (43), Milne (44), Brown *et al.* (45), Pain (46)... Sin embargo, la práctica totalidad se centra en el muestreo, que, si bien es una fase crítica del procedimiento, no es el único aspecto de importancia a tener en cuenta. Como en cualquier otra disciplina científica, para poder alcanzar conclusiones válidas a

partir de los palinomorfos contenidos en una determinada muestra forense, es absolutamente necesario tener el respaldo de un conjunto sólido de estudios experimentales previos que permitan establecer el grado de correspondencia que hay entre la muestra y la realidad a la que representa y que se intenta reconstruir a partir del análisis realizado a una o varias muestras.

En este sentido, y aunque metodológicamente parece no haber diferencias sustanciales en los modos de interpretación de los resultados de la palinología forense con los obtenidos en el análisis del contingente palinológico de otras muestras –sedimentos, superficies, mieles, filtros aerobiológicos..., (13, 16, 47, 48)–, hay que destacar la necesidad de tener un cuadro de resultados propios que minimicen al máximo las posibilidades de conjetura (28). Por eso, y la situación es muy similar en casi todos los países, en España es absolutamente necesario que, aplicando la metodología específica de la palinología forense –cuyos protocolos, por otra parte, no están aún estandarizados y aceptados internacionalmente–, se realicen experiencias en la línea de la llevada a cabo por Martínez-Sánchez *et al.* (18) en el sureste español, a fin de conocer con precisión cómo los fenómenos de dispersión, deposición, conservación y refluotación de los palinomorfos pueden afectar a los resultados de un análisis forense.

A la vista de lo expuesto, y aun considerando que en algunos países –básicamente Gran Bretaña y Nueva Zelanda–, la palinología forense ha alcanzado cierto desarrollo, hay que reconocer que se trata de una disciplina que se encuentra en su infancia, tanto en un sentido conceptual como en el marco de su multiplicidad de aplicaciones (18).

En España, la situación actual no puede ser peor. Hasta donde sabemos, no hay ningún palinólogo dedicado a la palinología forense y los trabajos publicados por autores españoles sobre esta temática se reducen al de Martínez-Sánchez *et al.* (18).

## CONCLUSIONES

Los llamados palinomorfos (principalmente pólenes), son partículas microscópicas de ori-

gen vegetal o animal que se encuentran presentes en superficies y sedimentos de prácticamente cualquier ambiente. Siguiendo procedimientos especiales, estos cuerpos microscópicos pueden ser recuperados para su estudio y, como quiera que presentan morfologías y superficies particulares que permiten identificarlos con gran precisión y hacerlos corresponder con taxones concretos –familia, género o especie–, nos muestran un espectro o “*huella polínica*”, a partir de la cual pueden hacerse inferencias sobre el origen geográfico, ambiental y temporal de las muestras de las que se extraen. Gracias a ello, la “*huella polínica*”, puede ser eficazmente utilizada para esclarecer las circunstancias concurrentes en torno a un hecho delictivo y su escenario, así como para la identificación de los participantes en el mismo, trabajo que corresponde a la llamada *palinología forense*.

El bajo número de especialistas en el estudio del polen y, sobre todo, el desconocimiento generalizado del potencial de la palinología forense hacen que su uso como fuente de evidencias para su uso ante los tribunales sea escaso en todo el mundo. Aunque se trata de una disciplina que, incluso conceptual y metodológicamente se encuentra dando sus primeros pasos, la experiencia de países como Nueva Zelanda muestra claramente la utilidad de incorporar la palinología forense al procedimiento ordinario de obtención de pruebas y pone de manifiesto el gran futuro que tiene.

En España, como en la práctica totalidad de los países del resto del mundo, ningún laboratorio de palinología se dedica actualmente a esta disciplina, aunque son muy necesarios estudios experimentales que contribuyan a robustecer las bases de un procedimiento que permita obtener conclusiones libres de conjetura. Confiamos en que la colaboración entre especialistas en palinología, fuerzas policiales y juristas permita que, con el apoyo económico e institucional necesario, se produzca un cambio en esta situación y que pronto España se convierta en uno de esos países de referencia en el desarrollo y aplicación de la palinología forense.

## NOTAS

(1) Institut National de Police Scientifique. 2010. *Commemoration du centenaire de la création à Lyon du premier laboratoire français de police*

- scientifique. Dossier de presse. Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-Mer et des Collectivités Territoriales, République Française. 51 pp.
- (2) Wilder, H.H. & Wentworth, B. 1918. *Personal identification. Methods for the identification of individuals living or dead*. R.G. Badger, The Gorham Press, Boston. 388 pp.
- (3) Locard, E. 1930a. *The Analysis of Dust Traces. Part I*. The American Journal of Police Science, 1: 276-298.
- (4) Ashton-Wolfe, H. 1930. *The forgotten clue: stories of the french sûreté with an account of its methods*. Houghton Mifflin company, London, 287 pp.
- (5) Locard, E. 1923. *Manuel de Technique Policrière (Enquête criminelle)*. Payot, Paris. 291 pp.
- (6) Morrish, R. 1940. *The police and crime-detection today*. Oxford University Press, London. 72 pp.
- (7) Nickolls, L.C. 1956. *The scientific investigation of crime*. Butterworth & Co., London. 398 pp.
- (8) Locard, E. 1930b. *The analysis of dust traces. Part II*. The American Journal of Police Science, 1: 401-418.
- (9) Hyde, H.A. & Williams, D.A. 1944. *The right word*. Pollen Analysis Circular, 8: 6.
- (10) *Encyclopedia Britannica Online*, s. v. "Nehemiah Grew," accessed January 11, 2012, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/245906/Nehemiah-Grew>.
- (11) Manten, A.A. 1966. *Half a century of modern palynology*. Earth Science Reviews, 2: 277-316.
- (12) Hesse, M., Halbritter, H., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A. & Ulrich, S. 2009. *Pollen terminology: an illustrated handbook*. Springer-Verlag, Wien. 264 pp.
- (13) Erdtman, G. 1969. *Handbook of Palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores*. Hafner, New York. 486 pp.
- (14) Brooks, J. & Shaw, G. 1978. *Sporopollenin: a review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry*. Grana, 17: 91-97.
- (15) Blackmore, S. 2007. *Pollen and spores: Microscopic keys to understanding the earth's biodiversity*. Plant Systematics and Evolution, 263: 3-12.
- (16) Erdtman G. 1943. *An introduction to pollen analysis*. Waltham, Mass. USA. 240 pp.
- (17) Nassar, J.M. 2004. *La botánica como herramienta de la investigación criminal*. Revista Relación Criminológica. Segunda etapa, 12: 171-182.
- (18) Martínez-Sánchez, M., Fernández, S. & Carrión, J. 2008. *Palinología y escenario forense. Un caso de estudio en el sureste de España*. Anales de Biología, 30: 43-54.
- (19) Palenik, S. 1982. *Microscopic trace evidence—the overlooked clue: Part II, Max Frei—Sherlock Holmes with a microscope*. The Microscope, 30: 163-168.
- (20) Newman, C. 1984. *Pollen: breath of life and sneezes*. National Geographic Magazine, 166: 490-521.
- (21) Mildenhall, D.C. 1988. *Deer velvet and palynology: and example of the use of forensic palynology in New Zealand*. Tuatara, 30: 1-11.
- (22) Mildenhall, D.C. 1990. *Forensic palynology in New Zealand*. Review of Palaeobotany and Palynology, 64-65: 227-234.
- (23) Mildenhall, D.C. 1992. *Pollen plays part in crime-busting*. Forensic Focus, 11: 1-4.
- (24) Mildenhall, D.C. 1999. *Corn flower or corn flour?* Canadian Association of Palynology Newsletters, 22: 17-19.
- (25) Mildenhall, D.C. 2003. *An example of the use of forensic palynology in assessing an alibi*. Journal of Forensic Sciences: 49: 1-5.
- (26) Mildenhall, D.C. 2006. *An unusual appearance of a common pollen type indicates the scene of the crime*. Forensic Science International, 163: 236-240.
- (27) Brown, G. & Llewellyn, P. 1991. *Traces of guilt: science fights crime in New Zealand*. Collins Publishers, Auckland, New Zealand.
- (28) Bryant, V.M. Jr. & Mildenhall, D.C. 2011. *Forensic Palynology: A New Way to Catch Crooks*. Crime & Clues. The Art & Science of Criminal Investigation. <http://www.crimeandclues.com>
- (29) Bryant, V.M. Jr., Mildenhall, D.C. & Jones, J.G. 1990. *Forensic palynology in the United States of America*. Palynology, 14: 193-208.
- (30) Jarzen, D. 1994. *Palynological analysis of the Gondar (Ethiopia) Hanging*. Program Abstracts, 27th Annual Meeting of the American Association of Stratigraphic Palynologists, p 20.
- (31) Stanley, E.A. 1991. *Forensic Palynology, Proceedings of the International Symposium on the Forensic Aspects of Trace Evidence*. USDOJ, pp. 17-30.
- (32) Stanley, E.A. 1992. *Application of palynology to establish the provenance and travel history of illicit drugs*. Microscope, 40: 149-152.
- (33) Horrocks, M. & Walsh, K.A.J. 2001. *Pollen on grass clippings: putting the suspect at the scene of the crime*. Journal of Forensic Sciences, 46: 947-949.
- (34) Mildenhall, D.C., Wiltshire, P.E.J. & Bryant, V.M. 2006. *Forensic palynology: why do it and how it works*. Forensic Science International, 163: 163-172.
- (35) Wiltshire, P. & Black, S. 2006. *The cribriform approach to the retrieval of palynological evidence from the turbinates of murder victims*. Forensic Science International, 3:224-230.
- (36) Bryant, V.M. 2009. *Forensic palynology: Why it works?* Trace Evidence Symposium. 3 de agosto de 2009, Clearwater Beach, Florida.
- (37) Bertino, A. 2008. *Forensic sciences: fundamentals and investigations, 1<sup>st</sup> ed.* South-western Cengage Learning, USA. 560 pp.
- (38) Bryant, V.M. Jr. & Jones, G.D. 2006. *Forensic palynology: Current status of a rarely used technique in the United States of America*. Forensic Science International, 163: 183-197.
- (39) Szibor, R., Schubert, C., Schöning, Krause, R. & Wendt, U. 1998. *Pollen analysis reveals murder season*. Nature 395:449-50
- (40) Mildenhall, D.C. 2004. *An example of the use of forensic palynology in assessing an alibi*. Journal of Forensic Sciences, 49: 1-5.
- (41) Horrocks, M. & Walsh, K.A.J. 1998. *Forensic palinology: assessing the value of the evidence*. Review of Palaeobotany and Palynology, 103: 69-74.
- (42) McKinley, J. & Alastair, R. 2007. *Contemporaneous spatial sampling at scenes of crime: Advantages and disadvantages*. Forensic Science International, 172: 196-202.
- (43) Eyring, M.B. 1996. *Soil pollen analysis from a forensic point of view*. Microscope 44: 81-97.
- (44) Milne, L.A. 2004. *A grain of truth: how pollen brought a murderer to justice*. New Holland Publishers Pty, Limited, Australia. 175 pp.
- (45) Brown, A.G., Smith, A. & Elmhurst, O. 2002. *The combined use of pollen and soil analyses in a search and subsequent murder investigation*. Journal of Forensic Sciences, 47: 614-618.
- (46) Pain, S. 1993. *Silent witnesses*. Kew Bulletin, 3 (Autumn): 22-25.
- (47) Faegri, K. & Iversen, J. 1989. *Textbook of pollen analysis, 4th ed.* Blackwell Scientific Publisher, Oxford. 340 pp.
- (48) Moore, P.D., Webb, J.A. & Collinson, M.E. 1991. *Pollen analysis, 2nd ed.* Blackwell Scientific Publications. 216 pp.