

## **Aportes de la Palinología a la actividad Forense**

**Por Marta A. Morbelli**

Profesor Titular Ordinario de la Cátedra de Palinología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.

Investigador Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Buenos Aires

**Estudios sobre polen** Hoy en día el estudio de polen actual y fósil tiene muchas aplicaciones, desde ayudar a las personas a identificar sus varias alergias a proveernos de información acerca de la localización de fuentes de petróleo, carbón, y gas, necesarias para mantener nuestra moderna civilización. Justamente, uno de los muchos usos de los datos que aporta el polen, uno de los últimos conocidos y utilizados es la aplicación de los estudios de polen a la ciencia del análisis forense.

**Palinología** es el término usado por primera vez por Hyde y Williams (1944) para el estudio de granos de polen y esporas. Años después la disciplina de la Palinología se expandió para incluir además el estudio de un número de otros microorganismos ácido-resistentes. El estudio de la Palinología está estrechamente asociado con el desarrollo y posteriores mejoras de los microscopios. Dado que los granos de polen son microscópicos los seres humanos tuvieron que esperar hasta la invención del microscopio compuesto en la mitad 1600s antes de poder ver el polen con algún detalle. Durante los dos siglos siguientes a la invención del microscopio, los botánicos estudiaron las estructuras morfológicas de los granos de polen, su forma y estructura, y comenzaron a desarrollar claves taxonómicas para su identificación. Fue durante ese período que los botánicos aprendieron que algunas plantas eran polinizadas por el viento mientras que otras eran polinizadas por insectos. Los Geólogos como Christian Ehrenberg, fueron entre los primeros en vislumbrar que los granos de polen se preservaban en sedimentos antiguos y que muchos de ellos parecían similares a granos de polen producidos por plantas que hoy día crecen.

El comienzo de la Palinología moderna ocurrió en los tempranos 1900s cuando investigadores como Gustav Lagerheim sugirieron que el polen fósil podía suministrar información útil acerca de los ciclos vegetacionales pasados. Unos pocos años después su discípulo, Lennart von Post, adicionó el uso de standards estadísticos y estableció las bases de la teoría básica del análisis polínico.

A comienzos de los 1940 fue cuando los palinólogos comenzaron a buscar toda suerte de vías nuevas y creativas de aplicar los datos del polen para resolver problemas científicos.

### **Características de los elementos de estudio**

- Son de pequeño tamaño: 5-100  $\mu\text{m}$
  - Son producidos en cantidades por las plantas.
  - Tienen una pared resistente llamada exina compuesta por una sustancia química denominada esporopolenina.
  - Poseen formas, aberturas, esculturas y estructuras de las paredes variadas.
- Estos caracteres combinados permiten identificar al vegetal que los produjo.

### **Producción y dispersión del Polen**

La producción de polen y esporas es una consideración importante en el estudio de la Palinología Forense.

1) si se conoce cual es la producción esperada y los patrones de dispersión de polen y esporas (llamados lluvia polínica) para las plantas en un área determinada, entonces uno puede saber que conjunto polínico debería encontrarse en muestras colectadas en una localidad dada.

Si un palinólogo examina una muestra de material (ejemplo barro, suelo, vestimenta, etc.) conociendo que proviene de una determinada región geográfica, y si el conjunto polínico esperado para esa región *no es encontrado*, o si otros tipos de polen y esporas son encontrados en cantidades inusuales entonces estos resultados sugieren que algo está mal, que algo pasó. En tales casos los conjuntos polínicos o patrones ‘fuera de lo común’ son los que dan a los palinólogos forenses pistas o claves y les sugieren que deben investigar *las razones por las cuales la muestra es diferente del patrón esperado de polen*.

Así, como cualquier otro detective, el palinólogo debe usar los conocimientos de su disciplina para vincular una muestra específica de polen con un acontecimiento o una ubicación o localidad específica.

Por ello, los conocimientos acerca de la producción y dispersión del polen juegan un papel primordial en ayudar al palinólogo forense a esclarecer este tipo de problemas.

### **Dispersión del polen**

Existe un número diferente de métodos por medio de los cuales las plantas dispersan sus granos de polen y esporas.

Muchas plantas con flores que viven completamente sumergidas en el agua liberan su polen bajo el agua y dependen de las corrientes para transportar el polen desde la antera masculina al estigma femenino de una planta vecina. Estas plantas tienen un alto grado de productividad de polen por cada antera produciendo miles de granos de polen. Sin embargo los producen con una pared única de celulosa. Este polen casi nunca se preserva en sedimentos de lagos y generalmente se oxida rápidamente si se extrae del agua. A consecuencia de estas limitaciones, estos tipos de polen son de escaso valor potencial para el trabajo forense.

Un grupo pequeño de plantas denominado "autógamas" por que se autopolinizan es tan eficiente que necesita una escasa producción de polen. La mayoría de estas plantas producen menos de 100 granos de polen por antera. El polen de estas plantas es raramente dispersado en la atmósfera y aún cuando se preserva bien y tiene cubiertas durables, es de escaso valor en el trabajo forense por existir en tan mínima cantidad en los sitios o depósitos de la mayoría de las regiones.

Las plantas zoógamas dispersan su polen por medio de animales(gusanos, insectos, pájaros, murciélagos etc.). El polen de las plantas zoógamas tiene una de las exinas más resistentes. Esto significa que sus granos a menudo permanecen en sitios por largo tiempo y son menos susceptibles de destrucción que los granos de polen dispersados por otros métodos. Si el polen de una determinada especie zoógama, es encontrado en una muestra forense, hay un alto grado de confianza que el mismo polen pertenece a la muestra y no es un contaminante atmosférico. Por otro lado tiene la desventaja que las plantas que poseen este tipo de dispersión producen muy poco polen y por lo tanto son escasas las posibilidades de su aparición en una muestra.

Muchas plantas dependen del viento para transportar el polen o esporas hacia sus destinos. Este tipo de polinización no es eficiente. Entonces para asegurarse la fertilización las plantas deben producir grandes volúmenes de polen para que al menos una pequeña fracción llegue a destino y cumpla su función. El polen de las especies anemógamas son los tipos más comunes en las muestras para estudios forenses.

**Palinología Forense** es la ciencia de aplicar granos de polen actuales y fósiles y esporas (palinomorfos) para ayudar a resolver problemas legales.

Esta amplia aplicación, también incluye información legal derivada del análisis de otros palinomorfos tales como dinoflagelados, acritarcos y quitinozoarios. No obstante en la mayoría de las situaciones de muestreo los palinólogos forenses raramente encuentran estos otros tipos de palinomorfos ácido-resistentes por que muchos son marinos y muchos están restringidos solo a depósitos fósiles.

### **Antecedentes**

Es difícil establecer precisamente cuando comenzó el campo de la Palinología Forense. Intentos realizados antes de 1950, o aquellos que pueden haber fracasado, probablemente no ganaron la atención pública y entonces no fueron registrados o es posible que si hubo intentos anteriores puedan haber sido mantenidos en reserva 'ex profeso' de los medios para no alertar a los delincuentes acerca del uso de esta 'técnica'.

### **Metodología en Palinología Forense**

La colección y extracción de un conjunto de polen y esporas de las muestras son aspectos críticos. Una colección y transporte de muestras no adecuado y/o la contaminación accidental de muestras forenses producirá resultados inexactos. Esto no solamente puede conducir a información errónea sino que puede ser usado para desechar datos resultantes como evidencia no válida.

Idealmente, las muestras de polen forense deberían ser tomadas por un palinólogo competente, conocedor del aspecto forense. Tales especialistas sabrán como coleccionar muestras no contaminadas y qué precauciones deben ser tomadas para que las mismas permanezcan libres de contaminación durante su tiempo de almacenamiento previo a efectuar el estudio, durante la fase de tratamiento y extracción en el laboratorio y durante el proceso de análisis.

Si un palinólogo especializado no puede efectuar el proceso de muestreo y tratamiento, entonces deberán seguirse lineamientos generales (protocolos) establecidos para extraer muestras adecuadas y posteriormente tratadas para que permanezcan libres de contaminación. Es también importante contar con fichas en las cuales sean detalladas las características de la muestra tomada y de su posterior tratamiento.

*La seguridad debe ser una preocupación esencial para asegurar la admisión en la Corte de la evidencia aportada por el polen forense.*

Será crítico que el palinólogo que trabaja con la muestra sea capaz de establecer bajo juramento que los materiales y las subsecuentes muestras de polen colectadas de esos materiales fueron guardados en un lugar cerrado y seguro.

Si una contaminación, ya sea natural o intencional puede ser probada como posible, entonces la duda puede anular los resultados aportados por el polen y las interpretaciones resultantes.

Un problema mayor es el concerniente a la colección y extracción de las muestras de polen forense en el total de material disponible para coleccionar. En muchos casos muy poco polvo, barro u otros restos están disponibles para la colección y análisis.

Así muchos palinólogos forenses enfrentan varios problemas inmediatos:

1- Generalmente no disponen de muestra suficiente para tratar una serie de diferentes técnicas de extracción para determinar cual de todas esas técnicas podría ser mejor para analizar.

2- Frecuentemente no tendrán suficiente muestra para realizar una segunda prueba si algo sale mal (ej. si un tubo se rompe en la centrifuga, un vaso de precipitado se derrama, o un preparado microscópico se rompe).

### **Materiales comunes para muestras forenses.**

Suelo, polvo; tela tejida, bolsos tejidos; cestos, sogas, telas; materiales para envolver, drogas ilegales; estomago e intestinos; varios materiales.

### **Muestras control**

Cualquiera sea la muestra que uno colecta para polen forense es esencial coleccionar también "muestras control". Estas muestras son de polvo o tierra de superficie de la región donde el crimen o delito fue cometido o, de una región donde el delito se cree ha sido cometido. Las muestras control son usadas por los palinólogos forenses como una "línea de base" de datos acerca del "conjunto de polen" que es propio de una localidad dada. Una vez que los datos de polen básicos son determinados de las muestras control, entonces el polen recuperado del espécimen forense puede ser comparado contra los datos control para ver si ambos coinciden. No conociendo que tipos polínicos y que porcentajes uno debería esperar encontrar en el lugar del hecho, es difícil discutir en la corte que el polen encontrado en partes de un auto o en prendas o zapatos de un sospechoso, vinculan a esa persona con la escena de un crimen.

### **Cantidad de muestras control**

Saber cuántas muestras control extraer de la escena del hecho es dificultoso. Cuantas más muestras control uno toma y examina, mayor es la información que uno tiene sobre el polen local donde el hecho fue cometido. Porque el contenido de polen de cada muestra control varía ligeramente en los tipos y porcentajes encontrados, su registro combinado ofrece un rango potencial de variación polínica para la escena de un hecho. Si no se tienen muestras control para examinar o, si se tiene sólo una muestra, se debilita la certeza de los datos polínicos forenses cuando ellos contienen conjuntos polínicos similares a, o no exactamente iguales a los de la única muestra control.

### **Extracción**

El proceso de extracción del polen de las muestras forenses es uno de los aspectos más importantes de las mismas. La extracción en el laboratorio es un proceso destructivo. Para concentrar el polen en las muestras forenses es generalmente necesario disolver o destruir toda clase de detritos que no sean polen. Esto significa en la mayoría de los casos que las muestras de polen forense no serán adecuadas para posteriores tests forenses de otro tipo.

### **Personal**

Hay que tener personal entrenado para coleccionar las muestras y asegurar que las mismas permanecerán libres de contaminación hasta el momento del procesamiento. Lo mismo ocurre para el proceso de extracción. El procesamiento debe ser conducido por un conocedor del muestreo de polen forense con conocimiento acerca del manejo y el trabajo con pequeñas cantidades de muestra y con reputación y experiencia en el reconocimiento de estos tipos de elementos.

### **Laboratorio**

Un laboratorio de polen forense debe ser permanentemente controlado para asegurar que se halla libre de contaminaciones. Todos los procedimientos utilizados deben asegurar la mayor recuperación de polen de la muestra y la menor pérdida de los mismos. Se deben tomar muy cuidadosos registros para cada muestra con anotaciones precisas de los procedimientos, chequeos y observaciones realizados en cada paso y registrados en un libro. *Es importante recordar que cada etapa de un proceso de extracción y cada observación debe poder ser justificada, explicada y defendida en una corte de justicia.*

### **Procedimientos de extracción**

Cada muestra requiere habilidad, buen manejo, paciencia y experiencia.

Existen muchos procesos de extracción usados por los palinólogos, algunos de estos han demostrado ser adecuados para el trabajo forense, otros no. En una alta proporción estos procesos deben ser modificados y adaptados al tipo y cantidad de material a ser examinado en muestras forenses. Cuando hay material suficiente se efectúan las técnicas standard de acetólisis, solución de Schulze, ácido nítrico, ácido fluorhídrico, separación por líquidos pesados etc. Pero en la mayoría de los casos muy poco material está disponible para ser analizado. Utilizar los tubos de gran tamaño para tratar, centrifugar etc., debe ser evitado pues se puede perder material. Para este tipo de muestras se debe trabajar con pequeñas cantidades, tubos para 1-5ml o en la concavidad de un porta objetos cóncavo.

### **Análisis de casos resueltos**

#### **Caso 1**

Uno de los primeros casos exitosos y más dramáticos en que fue usada la Palinología Forense, pertenecen a un caso criminal en Austria en 1959. En este caso la resolución de un crimen y la prueba de culpabilidad del criminal se basó fundamentalmente sobre la evidencia recuperada a partir de la muestra de polen asociada con el crimen.

*Detalles del caso:* un hombre en un viaje a lo largo del Río Danubio desapareció cerca de la ciudad de Viena, pero su cuerpo no pudo ser encontrado. Otro hombre con un motivo para matar a ese hombre, fue arrestado y acusado de homicidio. Sin el cuerpo y una confesión, la causa del Fiscal parecía irresoluble. Como la investigación proseguía, el barro encontrado sobre un par de zapatos del acusado fue entregado al palinólogo Wilhelm Klaus de la Universidad de Viena para su análisis. Klaus determinó que el barro contenía polen de pino, sauce y aliso así como granos de polen de una compuesta de 20.000 millones de años de antigüedad el cual fue extraído de un depósito expuesto de edad Miocena. Sólo una pequeña área 20km. al norte de Viena sobre el Valle del Danubio tiene suelos que contienen esta mezcla de polen. Cuando se enfrentó con la identificación de este lugar, el imputado impactado confesó su crimen y señaló a las autoridades donde había enterrado el cuerpo, la cual fue en efecto la localidad señalada por el palinólogo (Erdtman 1969, Newman 1984).

#### **Caso 2**

Faegri et al.(1989) discute un único ejemplo de Palinología Forense. Un caso en el cual un objeto muy valioso había sido robado y su espacio había sido cubierto por

paja. Por la realización de estudios de polen forense de la paja, los expertos fueron capaces de determinar que la paja fue cultivada y encontraron el lugar donde el robo y sustitución habían tenido lugar.

## **Nueva Zelanda**

### **Caso 3**

Se trata de una sospecha sobre una moto capturada por la policía después de haberse producido un crimen. El sospechoso abandonó la moto cuando esta quedó enterrada en el barro y continuó su fuga a pie escalando una ladera embarrada. Posteriormente el sospechoso trató de reclamar su moto en el departamento central de policía diciendo que esta había sido robada de su casa en la noche que el crimen fue cometido. Cuando se le preguntó, el sospechoso negó haber estado alguna vez en el área donde la moto fue abandonada y dijo que él no conocía nada de los alrededores respecto de una ladera embarrada, donde el sospechoso había escapado a pie. Una investigación policial de las pertenencias del sospechoso permitió descubrir un par de botas embarradas. El sospechoso, el cual trabajaba en una granja sostuvo que el barro provenía de las cercanías barrosas de la granja. Las botas embarradas fueron enviadas a un palinólogo forense para ser examinadas. Una serie de muestras control de polvo superficial fueron colectadas del lugar donde la moto fue abandonada, de las cercanías de la cuesta barrosa, y de las áreas sobre y cerca de la granja donde el sospechoso trabajaba. Todas las muestras de polen control fueron examinadas y sus datos fueron comparados con los conjuntos de polen del barro de las botas del sospechoso. El polen proporcionó evidencias convincentes que conectaban el barro sobre las botas con la cuesta barrosa donde la moto había sido abandonada. Posteriores pruebas fueron aportadas por los conjuntos de polen encontrados en las muestras control colectadas en la granja, y en las áreas barrosas cercanas, donde el sospechoso decía que trabajaba. Cada una de estas muestras control contenían un conjunto de polen muy diferente del conjunto de polen recuperado del barro de la bota.

A pesar de que el conocimiento de esta técnica ha sido conocido por muchos años, fue usada raras veces. Búsquedas o investigaciones conducidas por las mayores agencias de investigaciones en los Estados Unidos muestran qué poco es conocido acerca de esta área forense. Sólo organismos estatales en Nueva Zelanda, entre los principales países del mundo, rutinariamente colectan y usan estudios de polen



forense en casos civiles y criminales. Los palinomorfos recuperados de polvo, ropas, pelos, sogas, cestos, materiales usados para envolver, etc. pueden revelar el origen geográfico o pueden vincular a un individuo o tema con la escena del delito. Asimismo, los palinomorfos encontrados en drogas ilegales, como marihuana y cocaína, pueden vincular estas drogas con su fuente de procedencia y pueden mostrar donde se originaron determinadas partidas de drogas. Así también puede establecer qué drogas tienen el mismo origen o si tienen diversas procedencias.

### **Epílogo**

El potencial completo de la Palinología Forense no ha sido registrado y es ignorado en muchos países. Hoy día Nueva Zelanda lidera el Mundo en el uso de la Palinología Forense y en la aceptación de la evidencia del polen en cortes civiles y criminales. No es lo mismo en los Estados Unidos.

En Estados Unidos pocos municipios, estados o agencias federales parecen estar advertidas de como los datos del polen pueden ser usados para resolver cuestiones legales o delictivas. Tampoco dispongo de más material para determinar la situación actual o uso de la Palinología forense en países más allá que Nueva Zelanda o los Estados Unidos. No obstante por la ausencia de publicaciones al respecto en revistas especializadas de la mayoría de los países Europeos, U.S.A. y países Sudamericanos, sospecho que la ciencia de la Palinología Forense es poco conocida y/o poco usada en esas otras regiones.

Los 90' han sido un período de prueba para la Palinología Forense, un período en el que algunos organismos estatales de investigación sintieron la necesidad de probar la posibilidad de las muestras de polen forense en casos en tratamiento y comprobar así la fuerza legal de su en las cortes.

Es de esperar que en el próximo Siglo la Palinología Forense se torne otra herramienta valiosa en el arsenal de técnicas usadas por la mayoría de los tribunales de justicia.

### **Problemas para implementar la especialidad**

Todo organismo estatal de investigación que tenga interés en implementar un servicio trabajo de Palinología Forense necesita considerar problemas potenciales que pueden encontrar, a saber,

1- Es esencial encontrar un palinólogo forense experimentado el cual sea competente y respetado por la precisión y exactitud de su investigación. Sin esto, la credibilidad sobre el análisis de esa persona o testimonio ante la corte puede ser un riesgo.

2- Es importante encontrar un palinólogo deseoso de realizar análisis forenses y que pueda reunir una secuencia de tiempos ajustada para realizar el análisis de las muestras.

3-Los organismos estatales de investigación que piensen en la necesidad de coleccionar muestras de polen forense deberían prever la necesidad de un especialista forense antes de coleccionar las muestras. Esto asegurará que sea realizado un adecuado muestreo y que sean seguidos los procedimientos correctos para mantener las muestras libres de contaminación.

4-Los fondos para pagar el trabajo de polen forense deben ser considerados con anticipación.

5- En caso de ser necesario un testimonio en la corte el organismo que pide el análisis debe saber si el palinólogo forense que ellos contratan estará dispuesto a atestiguar en la corte. Asimismo estos organismos deberán explicar que límites de obligación y riesgo el palinólogo forense debería esperar como un resultado de sus testimonios.

### **Posibilidades de desarrollo de la Palinología Forense en el País.**

Este es un tema sobre el cual se abrirá el debate, no obstante la expositora fundamentará los siguientes tópicos y las vías posibles para su instrumentación.

-Habría que prever las partidas presupuestarias para la construcción de laboratorios especializados con equipamiento adecuado y provisto de los materiales necesarios para efectuar este tipo de análisis. (centrífugas y balanzas. etc.)

-Habría que prever la construcción de gabinetes de estudio con equipamiento adecuado para desarrollar estudios con microscopía fotónica con equipos de fotografía y computadoras con capacidad para soportar bases de datos con imágenes.

-Habría que preparar grupos de especialistas y contemplar una formación posterior en U.S.A y/o Nueva Zelanda.

- Habría que producir atlas regionales en áreas piloto.

La Plata, 7 de Setiembre de 1999.