

LA BOTÁNICA COMO HERRAMIENTA DE LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL.

Jafet M. Nassar*

* **Biólogo. Investigador del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas; Apto. Postal 21827, Caracas, 1020-A; correo electrónico: jnassar@oikos.ivic.ve**

La botánica (del griego botane, que significa "planta") es una rama básica de la biología que se ocupa del estudio la estructura, función y diversidad de las plantas. Las plantas conforman el Reino Plantae, que agrupa a los organismos terrestres multicelulares con capacidad fotosintética. Por medio de la fotosíntesis las plantas sintetizan su fuente de energía, utilizando para ello la clorofila. Este compuesto le da el característico color verde que presentan estos organismos. Las plantas son extremadamente diversas (> 500.000 especies) y están presentes prácticamente en todos los ecosistemas terrestres. Dos propiedades de las plantas resultan fundamentales para la existencia de la vida en nuestro planeta tal cual la conocemos, la fijación de energía química a partir de la radiación solar y la liberación de oxígeno al ambiente. La mayoría de los organismos vivos dependen directa o indirectamente de las plantas para subsistir y reproducirse.

La especie humana ha dependido de las plantas desde sus orígenes, y su interacción con éstas ha incrementado progresivamente desde el Neolítico (17.000-10.000 años antes del presente), cuando se inició la agricultura en su forma más primitiva. Las primeras plantas cultivadas fueron cereales como el trigo, la cebada, el arroz y el maíz. La aparición de la agricultura permitió la domesticación y cría de animales. En su conjunto, las actividades agrícolas y pecuarias hicieron posible que la población del mundo incrementara notablemente en un tiempo relativamente corto, posiblemente porque la maternidad se vio favorecida por una dieta completa y de fácil acceso. Esto además propició el desarrollo de los asentamientos humanos, desde las congregaciones tribales hasta las grandes ciudades de hoy. Pero además de ser la principal fuente de alimento para el hombre, las plantas entran en nuestra vida de otras numerosas formas. Nos proveen de fibras para hacer ropa, madera para combustible y para la construcción de diversos objetos utilitarios y decorativos, materia prima para la fabricación de libros, producción de especias, y algunas especies poseen los compuestos básicos usados en la fabricación de muchos medicamentos.

Ahora bien, en paralelo con su aprovechamiento, el hombre a lo largo de su historia ha intentado acrecentar sus conocimientos sobre las plantas. El primer trabajo considerado como verdaderamente botánico es la Colección de Listas de Plantas de la Librería Real de Nínive, entre 669 y 626 antes del presente. Esta lista representa la primera versión de una ordenación sistemática de plantas basada en sus usos. Pero es Teofrasto (griego, 372-287 años antes del presente), discípulo de Aristóteles, quien se considera el padre de la botánica gracias a su obra *Historia Plantarum*, en la que se describen cerca de 500 especies de plantas. El desarrollo de la botánica ha estado muy estrechamente ligado al desarrollo de la humanidad, y fueron las propiedades curativas de las plantas las que fundamentaron su estudio hasta finales de la Edad Media. Hacia la última parte del siglo XIV e inicios del XV se empezó a desarrollar un interés general por las plantas, que fue más allá de su valor medicinal, y que llevó con el tiempo al establecimiento de la botánica como una ciencia formal. Las distintas disciplinas que conforman los estudios botánicos fueron apareciendo paulatinamente, comenzando por la morfología vegetal, taxonomía, fisiología vegetal, anatomía, y la sistemática. Para el siglo XIX la botánica se había diversificado en numerosas disciplinas, cada vez más específicas, y se consolidaron en esta ciencia las distintas ramas de la investigación biológica, incluyendo la bioquímica, genética, biología evolutiva, citología, microscopía, ecología y agronomía, entre muchas otras. Pero es sólo en tiempos muy

recientes que una nueva disciplina de la botánica contemporánea surge como promisorio herramienta de apoyo a la investigación criminal, la botánica forense.

La botánica forense se define como el estudio de las plantas y tejidos vegetales en relación con la investigación criminal y civil. Esta disciplina es aún relativamente joven. El primer caso legal que se conoce en el que la información botánica fue admitida como evidencia clave para la resolución de un crimen, fue el famoso secuestro y asesinato del hijo de Charles y Anne Morrow Lindbergh en 1935. La evidencia que finalmente permitió incriminar al principal sospechoso de este crimen fue una escalera de madera dejada en la casa de los Lindbergh. Un experto en anatomía de madera, Arthur Koehler, logró identificar cuatro especies de árboles maderables usados en la construcción de la escalera y detectó una correspondencia exacta entre marcas presentes en la madera y marcas encontradas en tablones en posesión del sospechoso. El testimonio del botánico generó un importante precedente para la admisión de evidencia botánica en otros casos a partir de ese año en los Estados Unidos de Norte América.

La validez de la botánica forense como herramienta generadora de evidencia para resolver crímenes ha sido subestimada en el pasado. Entre las limitantes que han frenado el desarrollo de esta disciplina están: (a) la falta de facilidades adecuadas para realizar este tipo de investigación, (b) la escasez de personal científico calificado que pueda manejar e interpretar correctamente la evidencia botánica y (c) la ignorancia por parte de los fiscales acusadores, jueces y cuerpos policiales del potencial de este tipo de evidencia para proveer conexiones entre la escena del crimen y los sospechosos. Sin embargo, con el paso del tiempo, esta disciplina ha ido ganando adeptos y credibilidad en los círculos académicos y legales. Hoy en día son varios los países en los que está plenamente validado el uso de evidencia botánica en corte. Entre estos países se incluyen Nueva Zelanda, Malasia y Australia. Frecuentemente, la botánica forense es utilizada como el último recurso disponible, cuando las otras técnicas investigativas han fallado en proveer una solución y se tiene que acudir a los restos microscópicos adheridos a la víctima y/o su victimario.

La evidencia botánica está en todas partes, pero el grado de precisión de la misma no ha sido bien determinado aún. Sin embargo, las estadísticas indican que en la mayoría de los casos en los que un sujeto sospechoso de un acto criminal ha sido confrontado con evidencia botánica que lo involucra, éste ha confesado voluntariamente su culpabilidad. En términos prácticos, la botánica forense sirve para generar información útil sobre las circunstancias en las que ocurrió un homicidio; por ejemplo, cuánto tiempo lleva un cadáver en un lugar dado, si el cuerpo de la víctima fue transportado desde otro lugar y depositado intencionalmente en un escenario distinto a la escena del crimen y cuál es la relación entre un lugar u objeto determinado y el sospechoso. Pero las aplicaciones potenciales de esta disciplina van mucho más allá. El análisis de material de origen vegetal nos puede ayudar a determinar si el envenenamiento de un animal o una persona es debido a una planta tóxica, nos permite saber la procedencia geográfica de una mercancía, ayuda a comprobar el uso y comercialización ilegal de variedades de plantas patentadas; incluso, los tejidos vegetales y el polen pueden ser utilizados en la identificación de distintas variedades de marihuana (*Cannabis sativa*), la determinación del número de cosechas obtenidas a partir de una planta, las condiciones en que fue cultivada, y hasta el seguimiento de la cadena de distribución de esta y otras drogas.

La botánica forense se puede subdividir en varias especialidades que aportan diferentes tipos de información útil para la resolución de un caso. Entre estas especialidades destacan la palinología, anatomía vegetal, sistemática de plantas, ecología vegetal, limnología, y más recientemente la biología molecular de plantas.

La palinología, en su sentido más amplio, es el estudio del polen (coníferas y angiospermas) y las esporas (helechos, hongos y musgos) como fuentes de evidencia para la resolución de diferentes tipos de problemas. Esta es quizá la especialidad botánica más utilizada en la

búsqueda e interpretación detallada de evidencia microscópica asociada a un crimen, de allí que frecuentemente nos refiramos a ella como 'palinología forense'. El primer caso bien documentado de uso de la palinología para resolver un crimen ocurrió en Austria en 1959. Gracias a muestras de polen de especies de plantas vivientes y extintas encontradas en el barro adherido a los zapatos de un sospechoso de asesinato, se logró inculpar al mismo y ubicar el lugar exacto donde éste enterró a su víctima en las orillas del río Danubio.

La gran aplicación que tiene la palinología en la investigación criminalística se debe a que el polen y otros tipos de esporas producidos por las plantas están presentes en casi cualquier lugar y durante cualquier época del año. Al ser transportadas por animales (mayormente insectos) y por el viento, estas diminutas partículas vegetales alcanzan casi cualquier objeto, al cual se adhieren, y en el cual permanecen inalteradas por muchos años gracias a una cubierta protectora natural denominada exina. En el ser humano, el polen es frecuentemente encontrado en el pelo, la piel, ropa y zapatos. En la escena del crimen, el polen puede ser recuperado del suelo, polvo, barro, basura, cestas, sogas, y prácticamente cualquier objeto encontrado en las inmediaciones donde haya sido descubierto el cadáver. Además de su ubicuidad, el polen y las esporas poseen varias propiedades que incrementan su valor como evidencia para resolver crímenes. Cada tipo de polen y espora tiene características específicas, lo que permite determinar la familia, género y hasta la especie de planta de la cual provienen. En una típica muestra forense de polen se puede identificar una especie dominante, cinco o seis especies secundarias y hasta 200 trazas de otras especies. Debido a que la vegetación varía geográficamente en su composición, una combinación de polen o esporas particular encontrada en una persona, víctima u objeto será indicativa de una localidad geográfica específica. Las plantas nativas, especialmente aquellas de distribución restringida, son de mucha utilidad en este sentido. Por otra parte, dado que diferentes especies de plantas producen polen y esporas durante diferentes épocas del año, la identificación de una combinación específica de polen y esporas en un sujeto bajo estudio nos puede indicar en qué época del año ocurrió esa deposición de partículas. El aporte informativo de una muestra de polen puede incluso incrementar si se combina con información obtenida de muestras de suelo del mismo origen.

Son cada vez más numerosos los casos resueltos con ayuda de la palinología forense. En 1970, los sospechosos del secuestro y asesinato de un granjero en el condado de Macoupin, Illinois, E.E.UU., fueron encontrados culpables en parte gracias a muestras de polen de maíz detectadas en sus ropas, las cuales coincidieron con la ubicación del auto donde fue abandonada la víctima, en las inmediaciones de una plantación de maíz. En una investigación forense realizada en 1994 en Magdeburg, Alemania, se utilizó la combinación de muestras de polen halladas en los restos de 32 hombres asesinados y enterrados en una fosa común como evidencia final para concluir que los culpables de este crimen eran miembros de la policía secreta soviética. Las especies de plantas que conformaban las muestras de polen extraídas de las fosas nasales de las víctimas presentan su máximo de producción de flores en esa localidad entre junio y julio, meses durante los cuales en 1953 ocurrió una revuelta can numerosas bajas en la que estuvieron implicadas las fuerzas soviéticas de ocupación. En este caso las muestras de polen sirvieron para determinar el tiempo de muerte de las víctimas. La culpabilidad de un sospechoso de asalto y violación a una prostituta en Auckland, Nueva Zelanda, fue determinada gracias a una rara combinación de polen (*Coprosma* sp.) y esporas de un hongo, detectados en los pantalones del sospechoso y en la escena del crimen. Pero más allá del valor que tiene la palinología para resolver casos de homicidio, el estudio del polen y las esporas también nos puede dar indicios útiles para resolver otros problemas de orden legal, tales como el origen y rutas de transporte de drogas como la marihuana y la cocaína, el origen y destino final de mercancías sujetas a estrictas regulaciones

internacionales de comercialización, la autenticidad de una obra de arte y el origen de fabricación de un objeto de valor, entre otros muchos ejemplos.

En muchas ocasiones no se encuentran muestras de polen sobre una víctima, o si éstas están presentes no resultan de utilidad para esclarecer un crimen. Sin embargo, existen otras partes vegetales (hojas, cáscaras, tallos, raíces, pulpa de fruta, flores y semillas) que pueden ser usadas como evidencia si se logran identificar. Para ello entran en juego de forma combinada la sistemática y la anatomía de plantas. La sistemática de plantas nos sirve para identificar las especies vegetales de interés. Este es el primer paso que debe realizarse en el análisis de la evidencia botánica. La anatomía de plantas usa caracteres de los tejidos vegetales (morfología de hojas, anillos de crecimiento de las ramas, etc.) para ayudar a identificar las especies y para realizar comparaciones físicas de la evidencia. Para ambas disciplinas resulta indispensable el uso de equipos de magnificación de imágenes, como por ejemplo microscopios ópticos y electrónicos. Muchos tejidos vegetales son encontrados adheridos a la víctima, en el sistema digestivo, o en las heces. En general, estos tejidos se pueden identificar durante más tiempo que el tejido animal gracias a la celulosa y la lignina que conforman la pared celular de las plantas. Estos compuestos son resistentes a la digestión humana. Los restos vegetales encontrados en el tubo digestivo de una víctima o en sus heces pueden darnos mucha información. Por ejemplo, se puede determinar lo último que comió la víctima, el lugar donde ocurrió la última ingesta de alimento, e incluso se puede generar evidencia que vincule a un sospechoso con la escena del crimen.

La ecología vegetal puede resultar de utilidad en la ubicación de entierros clandestinos y en la determinación del tiempo de deceso de una persona. Esta rama de la ecología involucra el estudio de los patrones de crecimiento de plantas en áreas que han sido perturbadas o donde yace un cadáver. A través de un minucioso análisis de vegetación, se puede determinar si la tierra de un lugar dado fue removida para enterrar un cadáver y cuándo ocurrió dicha remoción. El acto de mover la tierra en sí puede en algunos casos contribuir a la fertilización del área perturbada, lo que puede verse reflejado en un mayor crecimiento de las plantas en dicha área. Un conocimiento detallado de los procesos de sucesión y colonización vegetal nos pueden ayudar a determinar el tiempo transcurrido desde que el suelo de un lugar fue removido. Por otra parte, el estado de las plantas (normalmente hierbas) encontradas bajo un cadáver nos puede indicar el tiempo mínimo que lleva ese cuerpo en el lugar. Esto es debido a que ciertos intervalos de tiempo son necesarios para que las hierbas bajo el cuerpo pierdan toda la clorofila, mueran y ocurran rebrotes.

De la limnología, que es el estudio de la ecología de cuerpos de agua dulce, la principal fuente de información aplicable a la investigación criminal tiene que ver con la caracterización de plantas acuáticas y algas, tanto macroscópicas como microscópicas (diatomeas). La presencia de diatomeas en la médula de los huesos de un cadáver es indicativa de que la persona murió ahogada en un cuerpo natural de agua dulce, porque estas partículas son incorporadas a los pulmones y de ahí pasan al torrente sanguíneo y son enviadas a los diferentes órganos y partes del cuerpo. La composición de especies de diatomeas y sus patrones de distribución pueden usarse para caracterizar cuerpos de agua específicos asociados a un hecho criminal.

A partir de principios de los noventa, la botánica forense comenzó a apoyarse en la biología molecular para resolver casos en los que los métodos botánicos convencionales no permitían llegar a ninguna conclusión. El primer caso documentado resuelto con ayuda de la biología molecular de plantas fue el homicidio de una mujer en Arizona en 1992. El cuerpo de la víctima se encontró bajo una especie de árbol perteneciente a la familia de las leguminosas (ejemplos: cují, yabo, acacias, etc.) y algunas semillas de esa especie se encontraron en el vehículo del principal sospechoso del crimen. Gracias al uso de la técnica de análisis RAPD (ADN polimórfico amplificado al azar) se logró concluir que las semillas encontradas en el

automóvil pertenecían al árbol presente en la escena del crimen. Pero la principal utilidad de estas técnicas moleculares en la botánica forense tiene que ver con el hecho de que el tamaño de la evidencia usada puede ser muy pequeño y aún así resultar informativo. Gracias a la biología molecular ahora se pueden analizar trazas de partículas vegetales que permiten identificar la o las especies de plantas asociadas a una localidad geográfica donde se ubica la escena del crimen. Por ejemplo, en casos de secuestro, el análisis de las trazas de polen adheridas a una nota de secuestro puede llevar a la identificación de especies indicadoras de la ubicación geográfica donde se encuentra retenida la víctima. Recientemente, se han empezado a utilizar estas técnicas en la identificación y seguimiento de operaciones de siembra y tráfico de marihuana. Los progresos en este campo continúan.

La botánica forense tiene como gran reto en los años por venir ganar credibilidad a nivel mundial como herramienta útil en la investigación criminal. En la actualidad, son muy pocos los países que manejan las técnicas asociadas a esta disciplina. La botánica forense debe seguir criterios rigurosos y estandarizados en la recolección de evidencia, que permitan un alto grado de confiabilidad, independientemente del lugar donde se haya obtenido dicha evidencia. Por ejemplo, las muestras de polen deberían ser recogidas por un palinólogo competente, preferiblemente ligado al campo forense. Es importante garantizar que las muestras sean colectadas libres de contaminantes y que las mismas permanezcan así durante su almacenaje y análisis en el laboratorio. Por otra parte, algo muy importante y a la misma vez muy difícil de lograr, es que la información generada a partir de la evidencia botánica sea enunciada en un lenguaje sencillo y comprensible, que pueda ser interpretada por el jurado de un caso. Sólo así se podrá masificar e incentivar el uso de este recurso en la investigación criminal. Es necesario dar a conocer las diversas técnicas de análisis que ofrece la botánica forense pensando en diferentes tipos de usuarios, desde personal especializado, policías y abogados, hasta el ciudadano común que puede participar como jurado. Recursos que pueden contribuir a la masificación de esta disciplina incluyen: oferta de cursos de capacitación, edición de manuales de instrucción, foros nacionales e internacionales de discusión del valor de estas técnicas, la creación de bases de datos de polen y tejidos vegetales de todo el mundo y la conformación de redes nacionales e internacionales de botánica forense como órganos vinculantes de los esfuerzos realizados dentro de cada país y entre distintos países.

En Venezuela, si alguna vez se ha utilizado evidencia botánica para la resolución de crímenes o procedimientos civiles, estos hechos no han quedado debidamente registrados bajo la forma de publicaciones científicas o divulgativas. Pero, independientemente de que la botánica forense se haya puesto o no en práctica en nuestro país, lo más importante es enfatizar que contamos con personal calificado en las diversas ramas de la botánica para dar apoyo a los cuerpos encargados de la investigación criminal. Este personal está ubicado laboralmente en las principales universidades nacionales y centros de investigación del país. Entre estas instituciones destacan por su labor docente y de investigación en botánica y ecología la Universidad Central de Venezuela, La Universidad de los Andes, La Universidad Experimental de Los Llanos "Ezequiel Zamora" y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Es posible que con profesionales de éstas y otras instituciones a nivel nacional se pueda conformar un equipo de consultores debidamente organizados y capacitados para dar respuesta a las demandas de experticia científica que tengan nuestros organismos de investigación criminal y civil.

FUENTES CONSULTADAS

- BRYANT, V.M. y D.C. MILDENHALL (1990) Forensic Palynology in the United States of America. *Palynology* 14: 193-208.
- CONGIU, L., M. CHICCA, R. CELLA, R. ROSSI y G. BERNACCHIA (2000) The Use of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers to Identify Strawberry Varieties: a Forensic Application. *Molecular Ecology* 9: 229-232.
- COYLE, H.M., C. LADD, T. PALMBACH, y H.C. LEE (2001) The Green Revolution: Botanical Contributions to Forensics and Drug Enforcement. *Croaban Medical Journal* 42: 340-345.
- HORROCKS, M. y K.A.J. WALSH (1999) Fine Resolution of Pollen Patterns in Limited Space: Differentiating a Crime Scene and Alibi Scene Seven Meters Apart. *Journal of Forensic Sciences* 44: 417-420.
- HORROCKS, M. y K.A.J. WALSH (2001) Pollen on Grass Clippings: Putting the Suspect at the Scene of the Crime. *Journal of Forensic Sciences* 46: 947-949.
- LANE, M.A., L.C. ANDERSON, T.M. BARKLEY, J.H. BOCK, E.M. GIFFORD, D.W. HALL, D.O. NORRIS, T.L. ROST, y W.L. STERN (1990) Forensic Botany: Plants, Perpetrators, Pests, Poisons, and Pot. *BioScience* 40: 34-39.
- LINDORF, H., L. DE PARISCA y P. RODRIGUEZ (1991) Botánica - Clasificación, Estructura y Reproducción. Ediciones de la Biblioteca, Colección Ciencias Biológicas, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- MILDENHALL, D.C. (1990) Forensic Palynology in New Zeland. *Review of Palaeobotany and Palynology* 64: 227-234.
- NORRIS, D.O. y J. H. BOCK (2000) Use of Fecal Material to Associate a Suspect with a Crime Scene: Report of Two Cases. *Journal of Forensic Sciences* 45: 184-187.
- SZIBOR, R., C. SCHUBERT, R. SCHONING, D. KRAUSE y U. WENDT (1998) Pollen Analysis Reveals Murder Season. *Nature* 395: 449-450.
- YOON, C.K. (1993) Botanical Witness for The Prosecution. *Science* 260: 894-895.