



QUÍMICA FORENSE: QUÍMICA ANALÍTICA APLICADA A LA CRIMINOLOGIA

Lic. Gabriela Valdebenito Zenteno
Departamento de Química Inorgánica y Analítica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Universidad de Chile

Dra. Maria E. Báez Contreras
Departamento de Química Inorgánica y Analítica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Universidad de Chile

La ciencia forense se basa en la aplicación de los métodos científicos a los procesos de la materia que se involucran con un crimen. Existen muchas ramas de la ciencia forense debido a que las ciencias en general tienen alguna aplicación en los asuntos públicos y criminales. Algunas de sus principales áreas son las siguientes:

- Química
- Biología
- Odontología
- Patología
- Entomología
- Psicología
- Antropología

La Química Forense es otra alternativa a los muchos caminos que puede seguir un químico en el ámbito de la investigación, además de ser una buena opción a la hora de hacer aportes significativos a la sociedad, donde su actuar, junto con su alto nivel de conocimiento analítico y su capacidad de manejo instrumental, es de vital importancia para descifrar las evidencias y contribuir a la búsqueda de la verdad.

Uno de los principios fundamentales en los cuales se rige la Ciencia Forense y específicamente la Química Forense se basa en la premisa de que cuando dos objetos entran en contacto, habrá un intercambio entre los dos. Es decir, “cada contacto deja un rastro”, frase que popularizó Edmund Locard, padre de la Criminalística moderna, provocando así un giro en la metodología investigativa. Es por esto que el químico forense rastrea este intercambio entre materiales y trae a la luz lo que es invisible a los ojos. Basándose en sus conocimientos y en las tecnologías desarrolladas, tiene la capacidad de rastrear sustancias o huellas que éstas dejan en una escena del crimen. El químico forense, por lo tanto trabaja con sustancias no-biológicas, tales como pintura, vidrio o líquidos,

trazas de pólvora provenientes de un disparo, todas muestras que pueden ser muy bien analizadas mediante métodos analíticos apropiados.

Otro de los campos en que un químico forense puede desarrollarse es en Toxicología donde principalmente trata con muestras biológicas, orina, pelo, sangre, semen, saliva o contenido gástrico y así poder determinar por ejemplo el nivel de alcohol o drogas que una persona ha consumido.

Entender la evidencia requiere de herramientas provenientes de muchas disciplinas como la Química Analítica, la Biología, Ciencias de los Materiales y Genética. De hecho, el análisis de ADN está haciendo que el conocimiento en genética sea de mucha importancia.

Con el paso del tiempo la Química Analítica ha adquirido una gran importancia en la investigación criminal, sobre todo a la hora de conocer la naturaleza intrínseca de cualquier sustancia o elemento y más aún, cuando sirve para auxiliar en la investigación científica de los delitos.

Por lo tanto los químicos forenses tienen tres tareas principales: primero, analizar las evidencias en el laboratorio, luego, se interpreta la información que se saca de ellas y por último, se puede llegar a defender lo encontrado, mediante la testificación del químico forense en un juicio.

Aplicaciones

La Química Forense es aplicada en una gran variedad de técnicas, tanto cualitativas como cuantitativas, cuya principal finalidad es la búsqueda de respuestas provenientes de las diferentes evidencias que ayuden a la resolución de algún caso criminal.

Algunos de estos análisis se detallan a continuación:

- **Test de drogas**

En la actualidad se busca presencia o ausencia de drogas, ya sea en polvos, líquidos, tabletas o cápsulas. Son pruebas cualitativas de laboratorio que se hacen uniendo un antígeno y su anticuerpo homólogo, para identificar y calificar el antígeno y anticuerpo específicos de una muestra; a éstos se les denomina inmunoensayos. El método consiste en el uso de una mezcla de anticuerpos selectivos para las distintas drogas (principios activos) y sus metabolitos, obteniendo un resultado con un alto grado de sensibilidad.

- **Análisis de muestras de incendios**

La manera en que un incendio ocurre naturalmente en una habitación indica si su comienzo fue deliberado o no, pero la evidencia es difícil de encontrar en estos casos ya que generalmente está cubierta por escombros. Habitualmente los incendios son provocados por

el uso de acelerantes de la combustión, los cuales son examinados mediante Cromatografía Gaseosa, acoplada a Espectrometría de Masas, donde se pueden identificar aquellos residuos de líquidos de ignición presentes en las muestras de escombros. El químico forense debe concentrar la pequeña cantidad de muestra, mediante la adsorción del residuo de acelerante en tiras de carbón activado. Luego este concentrado es eluido desde el carbón activado disolviéndolo en un solvente adecuado, dejando la muestra de una forma apropiada para luego analizarla por medio de cromatografía.

- **Análisis de pisadas**

Los ensayos fisicoquímicos sirven en el caso de estudiar las huellas de pisadas dejadas en una escena del crimen para luego compararlas con las obtenidas desde el calzado de algún sospechoso. Mediante un procedimiento electroestático, se obtiene la muestra final sobre una matriz gelatinosa la cual contiene una capa de adhesivo que permite levantar las huellas de casi la gran mayoría de las superficies, incluyendo materiales porosos o carbónicos. Este procedimiento también puede ser usado cuando la pisada no pueda ser vista (por ejemplo en el caso de que el sospechoso se haya parado sobre una hoja de diario), ya que el polvo proveniente de la hoja de diario mostrará la impresión de la forma única de la pisada, o incluso la marca de calzado que el individuo usó.

- **Análisis de rastros de pintura.**

El rastro de pintura que queda en un accidente de auto donde el culpable huye en su vehículo, sirve para relacionarla con el vehículo sospechoso. De esta manera se puede obtener datos sobre la manufactura del vehículo y el año en el que fue fabricado. Este tipo de prueba puede ser realizada observando el espectro de absorción de la muestra de pintura u observando su composición en un Fluorómetro

- **Uso del agua fuerte (ácido nítrico - agua).**

Cada arma de fuego tiene grabado un número de serial único, el cual en algunos casos criminales son borrados o lijados para impedir el rastreo e identificación del tipo de arma y a que fabricante pertenece. Mediante el uso de la restauración química, en este caso el uso de agua fuerte, estos números pueden volver a ser legibles nuevamente.

- **Análisis de residuos de disparo y balas**

Los residuos de las descargas de armas de fuego es otra área de investigación. Estos residuos pueden ser encontrados en las manos o en la ropa de algún sospechoso. Los químicos forenses pueden encontrar la clasificación del arma y relacionarla con el tipo de bala encontrado en una escena del crimen. Cuando un arma de fuego es disparada, se generan gases que contienen componentes incinerados y no incinerados provenientes de los casquillos de la bala y del propulsor del arma. Este material se puede depositar en la ropa de la víctima o en las manos de la persona que disparó el arma, pasando a ser un residuo. Mediante el uso de un Microscopio de Barrido Electrónico acoplado con un Espectrómetro de Energía Dispersiva, se pueden examinar las muestras recolectadas de los

posibles sospechosos. Este instrumento es capaz de buscar en cientos de lugares microscópicos la presencia de pequeñas partículas del residuo.

- **Falsificación de documentos.**

Usando un aparato de detección electroestático se pueden identificar las diferentes hendiduras de la escritura en el caso de firmas falsas o alteración de documentos. En este caso al aplicar una descarga electroestática sobre la superficie del papel, causará diferentes patrones en los lugares donde están las hendiduras provocadas por la escritura. Al aplicar una carga opuesta, una tinta negra se adherirá en los lugares de las hendiduras.

- **Análisis cualitativo en caso de envenenamiento.**

En este caso se determina la molécula individual que está presente en la muestra. Con el tiempo se ha podido recolectar mucha información acerca de este tipo de sustancias, su composición, que tipo de drogas son etc. Este tipo de test se realiza generalmente por fotometría, aun cuando existen test químicos específicos para algunas sustancias. Cuando se trata de sustancias naturales venenosas, son más difíciles de identificar. Aun si la especie es identificada correctamente, existen variaciones en la cantidad de sustancia activa presente, por lo que se deben llevar a cabo estudios sobre la composición molecular y así confirmar la presencia de sustancias nocivas.

- **Búsqueda de huellas dactilares.**

La técnica más popular usada para revelar huellas dactilares es la que usa polvo de carbón activado finamente tamizado. La mayoría de los dedos de las personas son de composición grasosa y oleosa. Cuando éstos entran en contacto con cualquier superficie o material relativamente suave, la fricción suelta los aceites provenientes de las ranuras de la huella. Cuando el polvo es aplicado a la superficie, se pega a estos aceites y revela el patrón de la huella. Esta técnica es muy usada en muestras de lana, metales, vidrio o plástico.

En el caso de que la huella digital esté sobre una superficie muy colorida, se usa polvo fluorescente. Cuando la superficie es expuesta a la luz ultravioleta, el polvo brillará mostrando la huella digital, sin importar el color de fondo en que se encuentre.

En materiales porosos, tales como el cuero, superficies de madera o papel, la técnica preferida es el uso de polvo magnético, compuesto de partículas de hierro finamente divididas las cuales son suspendidas en la superficie mediante el uso de una barra magnética.

- **Detección de manchas de sangre.**

Todos los test usados en la detección de sangre se basan principalmente en la actividad de las enzimas peroxidasa presentes en la sangre, las cuales reaccionan con los agentes químicos causando un cambio de color. Algunas de las pruebas usadas son: el test de benzidina, de leucomalaquita verde, fenoltaleina o tetrametil benzidina. Pero uno de los

más famosos es el uso del Luminol, que se utiliza en química forense para detectar trazas de sangre. Éste compuesto es un derivado del ácido ftálico que cataliza la oxidación con peróxido de hidrógeno bajo emisión de luz, es decir su mayor importancia reside en la reacción de quimioluminiscencia que da con peróxidos en presencia de complejos de hierro como catalizador.

- **Análisis de muestras biológicas (orina, sangre o contenido gástrico) y pelo.**

Las muestras biológicas usadas entregan información acerca de la presencia de algún tóxico en particular, o de sus metabolitos en el organismo. Se debe tomar en cuenta los tiempos de vida media de los tóxicos, el volumen de distribución y su afinidad por los distintos tejidos. Las muestras principales en este tipo de análisis, son la sangre, el plasma o el suero, ya que éstas distribuyen las sustancias por todo el cuerpo. En los casos de las intoxicaciones o muertes por envenenamiento, se eligen las muestras de contenido gástrico ya que pueden contener restos de comprimidos o líquidos que pueden orientar la investigación. En los órganos, como el riñón y el hígado y en la bilis, procedentes de las autopsias, se pueden encontrar grandes concentraciones de tóxicos. También en el tejido cerebral, el cual aporta información en la detección de sustancias psicoactivas que actúan en el sistema nervioso central. Para el caso en que se investigue el consumo reciente de drogas en individuos vivos, las muestras de orina son importantes ya que en ella se excretan los principios activos y/o sus metabolitos de la sustancia tóxica. El consumo crónico, en cambio, es principalmente analizado en muestras de pelo ya que éstas proveen una especie de “calendario de consumo” debido a que la sustancia tóxica no se metaboliza en el pelo.

Papel de las Técnicas Analíticas.

Es importante destacar el papel fundamental que cumple la analítica instrumental dentro de las técnicas mencionadas anteriormente, ya que gracias a los avances instrumentales hechos por científicos forenses es posible llegar a resultados certeros, tan necesarios a la hora de defender las metodologías y los resultados obtenidos ante la ley. Por esta razón es cada vez más importante contar con instrumentos más sensibles capaces de llegar a límites de detección más pequeños, mediante el uso de cantidades mínimas de muestra y técnicas analíticas acopladas, para poder determinar la presencia de sustancias donde en un pasado cercano se creía que no existían.

Hoy en día, el desarrollo de la analítica instrumental está fuertemente orientado a la investigación de campo, donde los científicos se han volcado a la implementación de “laboratorios móviles”, que se caracterizan por el uso de equipos portátiles útiles a la hora de trabajar con sustancias inestables, perecibles o demasiado tóxicas como para llevarlas al laboratorio. Un ejemplo de este tipo de equipo es el Cromatógrafo portátil de Gases acoplado a Espectrómetro de Masas (GC-MS), donde se ha reducido el tamaño del equipo convencional de 114 kilogramos a uno de 28 kilogramos.

Sin la base química necesaria, muchas de las técnicas mencionadas no podrían ser aplicadas a las Ciencias Forenses, por lo tanto es importante que el desarrollo de la Química Analítica siga avanzando y aportando a la investigación criminal.

En nuestro país, la introducción de la Reforma Procesal Penal al nuevo sistema de justicia, hace necesaria la formación de una policía científica o de instituciones forenses capaces de dar respuestas rápidas en la interpretación de las evidencias, capaces de crear nuevas técnicas analíticas apropiadas a nuestra realidad nacional y, sobre todo, capaces de generar profesionales dedicados ciento por ciento a la ciencia de la investigación criminal.

Si bien la Ciencia Forense, y en especial la Química Forense, en nuestro país aún es una ciencia incipiente entregada principalmente a las instituciones policíacas y al Servicio Médico Legal, es posible vislumbrar un futuro auspicioso de la investigación forense en las universidades, abriendo caminos a nuevos investigadores ansiosos por expandir los límites de la Química hacia una ciencia que es pilar fundamental de la criminología y un eslabón muy importante al momento de administrar justicia y buscar la verdad.

Referencias

- “Manual de Química Forense”. Patricia M. Caro. Ediciones la Roca. Buenos Aires, Argentina. 2004
- Web del laboratorio Lawrence Livermore Nacional, Forensic Science Center. San Francisco, USA
- Handbook of Forensic Services 2003. Manual de Laboratorio Forense del FBI.