

# LA CIENCIA AL SERVICIO DE LA INVESTIGACION CRIMINAL



Capitán EDMUNDO SANDOVAL

El incremento bélico dado a las investigaciones nucleares y la disponibilidad de reactores nucleares, constituyen dos de las motivaciones del vertiginoso progreso en el uso de la energía atómica, como herramienta de experimentación en todos los campos de la ciencia, hasta alcanzar la medicina Forense proporcionándole a esta un campo ilimitado cuya conquista ha empezado con la utilización del "Análisis por Activación" y para dilucidar la causa determinante de hechos históricos que han permanecido en el misterio a través de los años.

Publicaciones recientes aparecidas en los periódicos de todo el mundo confirman lo anterior. En Suecia, por ejemplo, los investigadores han demostrado, mediante la utilización de esta técnica, que Erico XIV, hijo de Gustavo Vasa y quien gobernó al país entre 1560 y 1577, fue asesinado ya que, al exhumar su cadáver, se encontraron trazas de arsénico.

Pero, el artículo aparecido en la revista Nature de mayo 26 de 1962, escrito por los doctores Hamilton Smith, Sten Forshufvud y Anders Wassén bajo el título de "Distribution of Arsenic in Napoleon's Hair", ha ocupado la atención de innumerables lectores y ha llevado a pensar de manera positiva en las inmensas posibilidades de este método.

En el mencionado trabajo, los científicos llegaron a la conclusión de que la enfermedad que aquejó a Napoleón durante su cautiverio en Santa Elena, se debió a intoxicación crónica con arsénico. Tal afirmación podría tomarse como aventurada, si no se explican

los medios utilizados para conseguirla; entre los hechos aducidos figura el haber encontrado en algunos cabellos pertenecientes al Gran Corso, cortados un día después de su muerte, un contenido total de arsénico de 10,38 partes por millón o sea un valor aproximadamente 13 veces más alto que la concentración normal, la cual se calcula en 0,8 partes por millón. Aunque el análisis se efectuó en una cantidad demasiado pequeña, equivalente a 1,72 miligramos de cabello, posteriormente los investigadores consiguieron cabellos de 13 cm. de longitud, lo que representa el alargamiento de un año, si se tiene en cuenta que la razón de crecimiento diario es de unos 0,35 mm. Con este material y empleando el flujo de  $10^{12}$  neutrones por  $\text{cm}^2$  por segundo durante 24 horas, producido en el reactor de Harwell, se pudo determinar con mayor exactitud, mediante el uso de un contador Geiger, las concentraciones de arsénico en los cabellos de Bonaparte.

La posibilidad de llegar a la solución de incógnitas de esta índole, donde el transcurso del tiempo podría hacerlas prácticamente insolubles y las aplicaciones para dilucidar hechos más recientes, nos lleva a reconocer una gran importancia y potencialidad a las técnicas nucleares como método invaluable en la investigación criminal.

El fin que se persigue con el presente artículo es tratar de explicar el método de Análisis por Activación, sus posibilidades y sus limitaciones.

#### I. ANALISIS POR ACTIVACION

En el análisis por activación se somete una muestra de material desconocido a la acción de partículas nucleares, efectuándose así lo que se conoce con el nombre de una reacción nuclear. El mecanismo aparece esquematizado en la figura número 1.

Esa partícula nuclear denominada proyectil, incide en el núcleo llamado

blanco; este recibe el impacto y la aloja en su interior conformando un núcleo compuesto, el cual se coloca en una posición de desequilibrio, puesto que tiene dentro de su sistema un ente extra. La acción inmediata de este núcleo compuesto es tratar de volver a su estado de equilibrio y para lograrlo emite masa en forma de partículas o emite energía en forma de radiación electromagnética. Un esquema de este proceso puede apreciarse en la figura número 2.

Las radiaciones emitidas por el núcleo compuesto son características del núcleo blanco y se pueden identificar plenamente mediante el estudio de ciertas propiedades que constituyen una especie de huellas digitales del elemento desconocido, que permiten, luego de un análisis especial, concretar la calidad y cantidad del mismo, mediante la comparación con tablas previamente elaboradas de los elementos existentes en la naturaleza. Entre las huellas digitales o características, se hará mención de dos que son las más importantes: 1º Período de semidesintegración y 2º Energía de radiación.

**1º Período de semidesintegración o vida media.** Este concepto puede entenderse como el tiempo necesario para que de el número de núcleos compuestos que se encuentran en estado de desequilibrio, vuelvan a su estado normal la mitad de ellos. La figura número 3, constituye una demostración gráfica de lo anterior.

Un ejemplo concreto que presenta lo que sucede al bombardear un átomo de oro con neutrones producidos en un reactor nuclear, fijará mejor el concepto de vida media. El proceso que tiene lugar se presenta en la figura número 4.

Del total de átomos de oro formados por la adición de un neutrón y que por lo tanto se encuentran en desequilibrio, la mitad habrá recobrado su

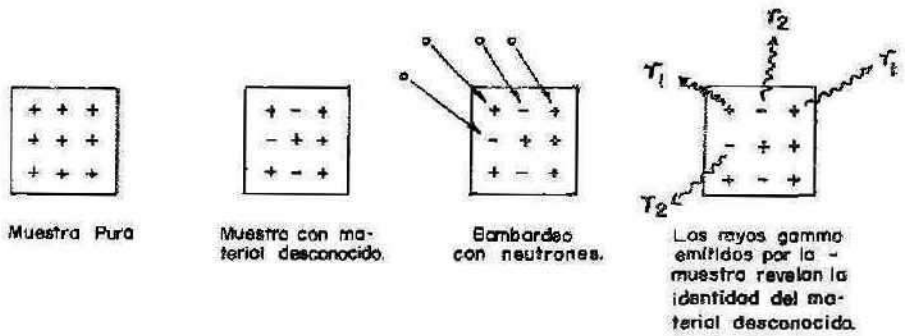


Figura No. 1

Mecanismo del Análisis por Activación con Neutrones

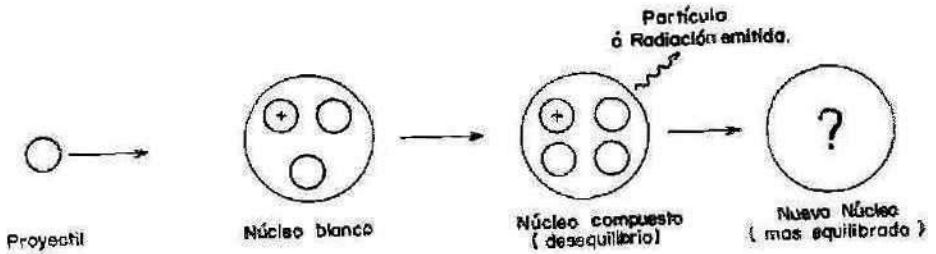


Figura No. 2

Reacción Nuclear

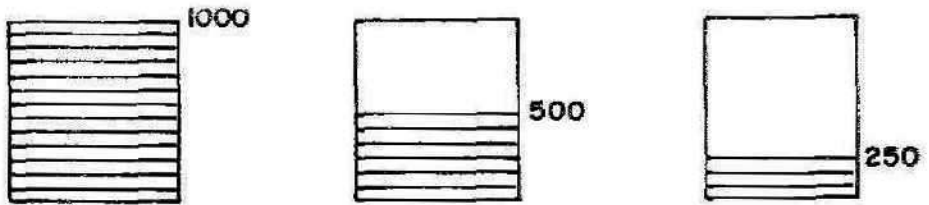


Figura No. 3

Concepto de Vida Media.

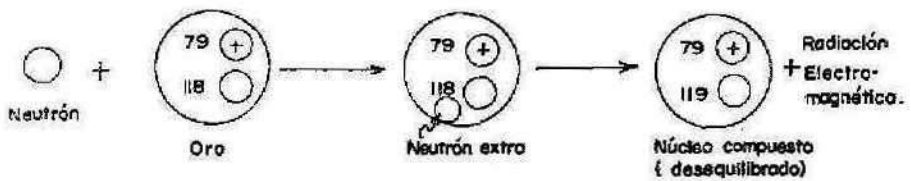


Figura No. 4

Reacción Neutrón-Gamma del Oro-197

equilibrio al cabo de 65 horas. Esto indica que la vida media del oro es de 65 horas.

2º **Energía de la radiación emitida.** En muchos casos, las radiaciones emitidas por el núcleo de interés no tienen todas la misma energía; un grupo tendrá una energía dada, mientras que otro poseerá una energía diferente y así sucesivamente. La relación que existe entre el número de radiaciones y su energía, constituye el espectro característico del núcleo considerado, razón por la cual es un medio excelente de identificación. La forma como se lleva a efecto esta identificación, es mediante la comparación del espectro obtenido con espectros que se han hecho con núcleos conocidos. La figura número 5, muestra un espectro característico realizado con un emisor gamma.

## II. TÉCNICA DEL ANÁLISIS POR ACTIVACION

Dada la circunstancia de que un análisis por activación, no es sino una reacción nuclear y este es un fenómeno en el cual el azar juega un papel de importancia, se debe tener en cuenta la probabilidad de que el hecho se presente con un proyectil dado y energías determinadas. Teniendo en cuenta lo anterior, la técnica del análisis por activación seguirá el siguiente proceso:

1º **Selección de la partícula que servirá como proyectil.** Las partículas nucleares conocidas con el nombre de neutrones, se caracterizan por carecer de carga eléctrica, hecho que las constituye en excelentes proyectiles, ya que sobre ellos no se presenta la acción electrostática que influiría sobre partículas cargadas. En consecuencia, cuando se habla de análisis por activación

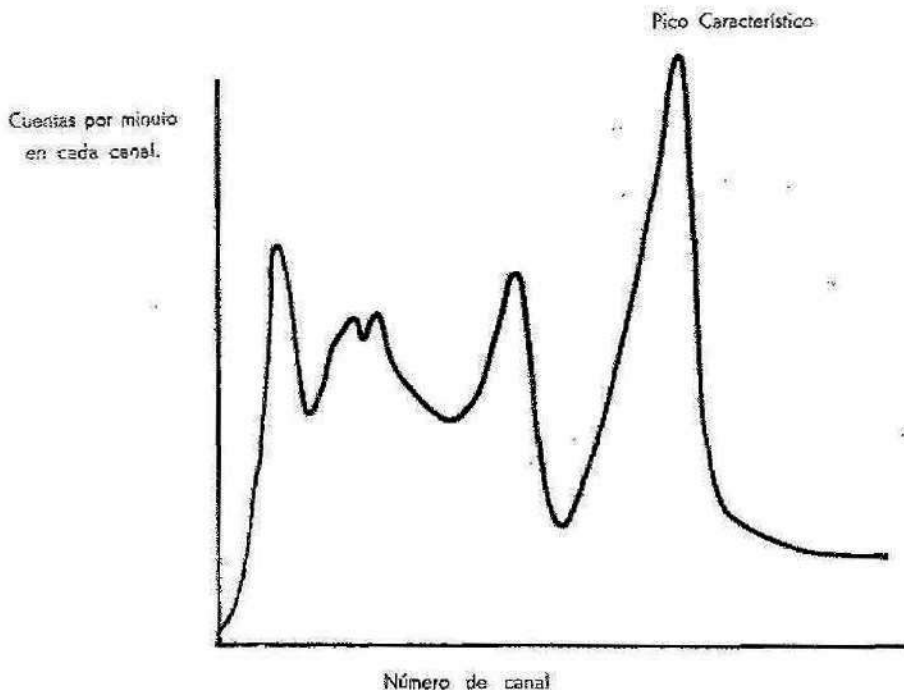


Figura No. 5 - Espectro típico de Rayos Gamma.

se presupone que el proyectil sea un neutrón.

2º **Sección eficaz.** Aceptado el neutrón como el proyectil más eficiente, se procede a seleccionar la reacción más apropiada, es decir aquel proceso que permita obtener una sustancia radiactiva que emita una partícula o radiación determinada. Cuando se ha escogido la reacción, es necesario saber que oportunidad existe de que el fenómeno esperado se produzca, para lo cual es necesario hacer uso de la "Sección Eficaz de la Reacción Nuclear", que no es otra cosa que el número que nos indica este chance.

Entre las posibilidades para seleccionar la reacción más apropiada, se pueden considerar:

a) La absorción de un neutrón y la emisión de un rayo gamma. Esta es una reacción muy empleada y se efectúa por acción de neutrones cuyas velocidades son bastante bajas.

b) Se pueden aprovechar algunos neutrones de velocidades mayores para producir reacciones, en las cuales las partículas emitidas son de carácter positivo llamadas protones.

c) Cuando la velocidad de los neutrones alcanza cierto valor, se puede presentar un proceso en el cual la partícula expelida tiene una doble carga, llamada partícula alfa.

d) Si se logra dar a los neutrones una velocidad bastante alta, se pueden obtener reacciones en las cuales las partículas que salen de los núcleos compuestos, son iguales a las incidentes, pero en doble cantidad.

3º **Producción de proyectiles.** Esta puede obtenerse de varias maneras:

a) En el reactor nuclear, el cual constituye uno de los métodos más comunes; en esta forma se pueden conseguir grandes cantidades de neutrones al efectuarse el rompimiento de átomos de uranio.

b) Con aceleradores de partículas cargadas, en las cuales se aprovechan ciertas reacciones nucleares que suministran cantidades abundantes de neutrones.

c) Finalmente, se dispone de fuentes de neutrones pequeñas, capaces de producir millones de neutrones durante cada segundo.

4º **Preparación de la muestra.** Este proceso requiere un meticuloso cuidado para evitar que elementos extraños interfieran con aquello que se está tratando de identificar. La pureza es muy importante y para conseguirla, es necesario adelantar procesos químicos que garanticen la limpieza del blanco antes de la irradiación y separaciones posteriores de elementos no deseables.

5º **Irradiación de la muestra.** Una vez preparada la muestra, se somete a la acción de los neutrones durante un



Figura No. 6 - Análisis por activación

tiempo que depende del número de átomos irradiados que se desee obtener, de la probabilidad de que el fenómeno buscado se presente y de la vida media del elemento irradiado.

**6º Contaje de la muestra irradiada.** Efectuada la irradiación, se procede a determinar el número de átomos que se han convertido en radiactivos. Con este fin se emplea un detector de radiación y se determinan las dos características o huellas digitales que definen el elemento que va a ser identificado. Algunos instrumentos, pueden agrupar el número de rayos que tienen una energía determinada; esto permite obtener una representación del número de rayos con respecto a la energía, ya sea en una pantalla u osciloscopio o en tarjetas perforadas.

**7º Interpretación de los resultados.** Una vez determinadas las características que identifican el nuevo elemento, se procede a comparar con patrones especiales establecidos con muestras puras de la mayor parte de los elementos. Este método de interpretación permite una exactitud en la identificación del material hasta de un 100%.

Un resumen de la técnica del análisis por activación, puede apreciarse en la figura número 6.

### III. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO

De una manera ligera, se pueden señalar entre muchas, las siguientes ventajas del método por activación con neutrones:

1º Sensibilidad extrema, capaz de superar a cualquier otro método de análisis hasta ahora conocido.

2º Detección de cantidades mínimas, sin pérdida de precisión en la identificación.

3º Análisis de muestras sin deterioro de las mismas, debido a que las irradiaciones con frecuencia solo alternan temporalmente con los elementos cons-

titutivos y su efecto desaparece con rapidez.

Sin embargo, dada la circunstancia de que se trata de una técnica nueva y de que precisa de instrumental especializado, el costo suele ser bastante alto. Además, el análisis por activación, no puede discernir combinaciones de átomos o compuestos químicos, lo que se puede efectuar por medio de análisis químicos clásicos.

### IV. APLICACIONES

Una de las aplicaciones de mayor importancia del análisis por activación, en casos criminales, podría ser su utilización para saber si una persona sospechosa ha disparado recientemente un arma de fuego. Este método sustituiría en forma positiva el que se ha usado hasta el presente en casos similares denominado —“Guantelete de parafina”— evidencias del cual han demostrado que no es confiable en un gran porcentaje de las pruebas realizadas.

Con el análisis por activación con neutrones, se analizan los residuos de pólvora que han quedado en las manos de la persona sospechosa. La base de estos análisis es el hecho de que casi todas las municiones existentes, contienen un compuesto de antimonio en el fulminante del proyectil, además de bario y plomo.

Determinaciones de esta índole se han realizado en laboratorios de los Estados Unidos en los cuales se han detectado cantidades pequeñísimas de antimonio depositadas en la parte posterior de la mano, cada vez que se emplea un revólver. En algunos casos es posible encontrar bario y en otros cobre.

Basados en las experiencias anteriores y con el ánimo de iniciar en Colombia investigaciones de esta índole, el Instituto de Asuntos Nucleares ha incluido dentro de sus programas un estudio en este sentido, el cual se lle-



vará a efecto en colaboración con la Escuela de Policía General Santander.

El bosquejo de esta investigación es el que se presenta a continuación:

1º Selección de las pólvoras de uso más común en el país.

2º Clasificación de todas las pólvoras mediante análisis por activación de los elementos de interés, tales como el antimonio, el bario y el cobre.

3º Empleo de armas de fuego con buena deflagración y remoción de las partículas de pólvora, mediante sistemas que habrán de ensayarse para obtener una eficiencia apropiada. Ver figura número 7.

4º Activación del material removido por un tiempo prudencial, en el Reactor de Enseñanza e Investigación del Instituto de Asuntos Nucleares, IAN-RI,

el cual puede proporcionar alrededor de un millón de millones de neutrones cada segundo, por centímetro cuadrado del núcleo activo del reactor.

5º Identificación y determinación cuantitativa de cada elemento por medio de instrumentos especiales de detección de radiaciones.

El trabajo a desarrollar no es fácil; sin embargo, con el entusiasmo propio de los investigadores del Instituto de Asuntos Nucleares y la decidida colaboración de la Escuela de Policía General Santander y sin duda alguna, de la Industria Militar, se puede anticipar que el programa bosquejado podrá realizarse en su totalidad para llegar a conclusiones acerca de la posibilidad de una aplicación práctica en la Ciencia Criminalista de Colombia.

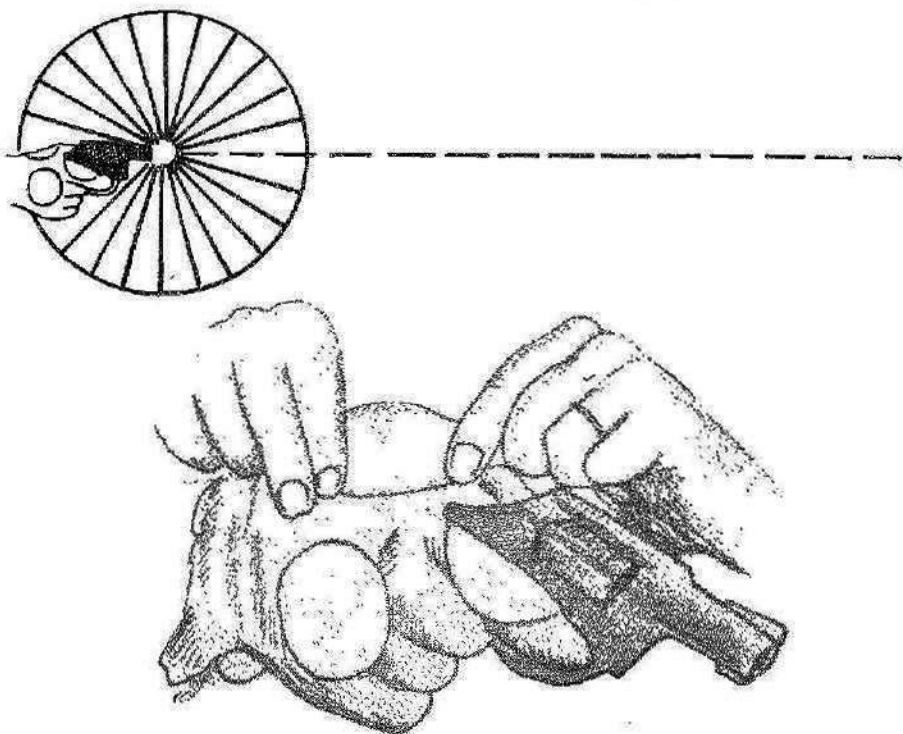


Figura No. 7 Experimento de Análisis por activación para medir los residuos de pólvora que permanecen en las manos de un sospechoso después de disparar un revólver.