



PY9900001

## INVESTIGACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS EN RESÍDUOS DE DISPAROS PRIMER AVANCE DE RESULTADOS

Dra. Sonia Kochmann, Lic. Ildefonso Riquelme 1- Dra. Myriam Fernández; Crio. DAEP. Néstor Vera Planás2 – Ariel Insaurralde; Felipe Sanabria3

I División Técnicas Analíticas Nucleares – Comisión Nacional de Energía Atómica - Universidad Nacional de Asunción –  
cnea@sce.cnc.una.py

2 Laboratorio Químico Biológico – Dpto. de Investigación de Delitos – Dirección de Apoyo Técnico – Policía Nacional

3 Físicoquímica Biológica – 4º Nivel – Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Asunción

*La frecuente utilización de armas de fuego, para la comisión de hechos punibles que atentan contra la vida y los bienes de las personas, hace que ello se constituya en una cuestión de gran interés para la Policía Nacional, en su campo forense, cuando se trata de determinar si un individuo ha disparado un arma de fuego o si los impactos hallados en la escena corresponden a proyectiles de armas de fuego. Las actuales técnicas analíticas que involucran métodos físicos y químicos, utilizados en el laboratorio Químico Biológico del Dpto. de Investigación de Delitos de la Dirección de Apoyo Técnico de la Policía Nacional, son limitadas para responder a los mencionados cuestionamientos de interés pericial, por motivos de sensibilidad, destrucción de la muestra y la no especificidad.*

*La Técnica Analítica Nuclear de Espectrometría por Fluorescencia de Rayos - X, dispersiva en energía, por sus características no destructivas, de alta sensibilidad, rapidez y especificidad, brinda las condiciones óptimas para su aplicación al campo forense, en la determinación de elementos metálicos presentes en los residuos de disparos, así como para la obtención de patrones que ayuden a distinguir sistemáticamente residuos provenientes de disparos de armas de fuego de los debidos a artefactos pirotécnicos o contaminación del medio ambiente laboral, y lo más importante, desde el punto de vista legal, aporta un criterio de certeza y deja abierta la posibilidad de una contrapericia en un hecho punible llevado a los estrados judiciales.*

### INTRODUCCION

En forma rutinaria un gran número de muestras de importancia forense son sometidas a ensayos en el Laboratorio Químico Biológico del Dpto. de Investigación de Delitos de la Policía Nacional, empleando métodos físicos, químicos e instrumentales para su análisis. Cuando se trata de identificar residuos provenientes de armas (tomando en consideración la composición básica del Mixto Fulminante) y diferenciarlos de posibles contaminantes, o la presencia de elementos comunes en dos o más muestras, a fin de relacionarlas o excluirlas de un hecho criminal, actualmente se utiliza el método colorimétrico que emplea *RODISONATO DE SODIO* en medio ácido.

En todos los casos reviste gran importancia disminuir la manipulación de las muestras para evitar su contaminación y preservar su integridad. Es también fundamental no destruir las mismas, posibilitando su disponibilidad para otros estudios en el curso de una investigación, lo cual no es posible cuando se utiliza el método convencional.

Este estadio de la investigación policial depende más que nada de sus peritajes y de los análisis efectuados para resolver los problemas a que se ve enfrentada. Muchos de estos problemas son únicos y, en

general, buscar alguna confirmación técnica resulta muy difícil.

La naturaleza de las muestras procedentes de lugares sospechosos suele ser muy variada y con características especiales, en algunos casos, son muy pequeñas y se tiene necesidad de conservarlas, ya sea por motivos de otros análisis o por su uso como Muestra Testigo. Es fundamental determinar la identidad o buscar una correlación basada en el contenido de elementos que se encuentran presentes a nivel de trazas. Los objetivos de la primera etapa de esta investigación son:

- Determinar presencia de metales (Plomo, Antimonio, Bario) en residuos de disparos de armas de fuego, de tal forma a establecer si están presentes siempre los mismos metales en residuos depositados en manos de los tiradores (o sus proximidades).
- Determinar la presencia de metales (Plomo, Cobre, Zinc) en puntos de impacto de un proyectil de arma de fuego, a fin de establecer si quedan restos metálicos componentes del mismo en los puntos de impacto.

- Determinar presencia de metales en manos de profesionales que pueden causar posibles contaminaciones
- Obtener información a nivel nacional que permita discriminar residuos provenientes de armas de fuego, de los que son debidos a artefactos pirotécnicos o contaminación del medio ambiente laboral, mediante la detección de la presencia de elementos metálicos característicos.

### PROCEDIMIENTO - DISEÑO EXPERIMENTAL

En esta etapa experimental, las muestras de los residuos se obtuvieron de dos tipos de armas: Revólver Calibre 38 y Pistola calibre 9 mm; en todas las muestras recogidas han sido empleados proyectiles desnudos de plomo, en tanto que, los puntos de impacto se han tomado en papel a menos de 50 cm, lo cual correspondería, en casos reales, a disparos efectuados a corta distancia o a suicidios.

El muestreo consistió en recoger residuos, por un lado, de manos de personas luego de disparar en el banco



recuperador balístico (de la Policía Nacional) y por el otro, de manos de personas que se sabía positivamente que no habían disparado armas de fuego. El método empleado para el muestreo de partículas fue el de remoción con cinta adhesiva (de las que se realizó un barrido previo como blanco de lectura) en las diferentes variantes empleadas por la Policía. Este sistema de muestreo tiene por objeto no alterar las características de las muestras y consiste básicamente en adherir la cinta sobre la zona aproximadamente triangular del dorso de la mano comprendida entre los dedos índice y pulgar.

Se analizó también la composición del soporte en caso de Puntos de Impacto tomados sobre papel e igualmente dos tipos de pólvora, a fin de identificar su composición en cuanto a elementos presentes en las mismas antes de la deflagración.

Los análisis se llevaron a cabo empleando la metodología de Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía (FRX-DE), técnica instrumental que presenta como ventajas:

- ♦ Posibilidad de analizar muestras en forma sólida y líquida, sin que requieran por lo general preparación;
- ♦ Análisis simultáneo de elementos (multielemental) con una concentración desde ppm hasta altos niveles de porcentaje en peso de la misma muestra;
- ♦ No es destructiva y por lo tanto las muestras pueden recuperarse y reutilizarse para realizar controles cruzados por colorimetría
- ♦ Obtener en tiempo relativamente breve y compatible con las necesidades forenses, una identificación positiva de los elementos presentes e incluso un análisis cuantitativo exacto.
- ♦ Método práctico y de bajo costo comparativamente con otros métodos analíticos

El sistema de excitación convencional utilizado, consiste en un tubo de rayos X de Molibdeno con blanco secundario del mismo material; la fluorescencia inducida es detectada a través de un detector semiconductor (Canberra 30180) de Si (Li); la señal es procesada por un preamplificador

(Canberra Modelo 2008) y un amplificador (Canberra Modelo 2024). Simultáneamente a su adquisición, el espectro de fluorescencia se observa en pantalla de un Multicanal (Canberra System 100).

Las muestras recolectadas sobre cintas levantadoras de diferentes características, se depositan en el equipo, sin tratamiento previo, montadas en un portamuestras sobre un soporte, con un ángulo de incidencia de 45° tanto entre la Muestra en relación al haz incidente, como entre detector en relación a la radiación fluorescente emitida, de modo a obtener una geometría reproducible.

Luego de recolectados los espectros, obtenidos a 30 kV y 30 mA, con una resolución de 170 eV para pico  $K\alpha$  del Hierro, durante un intervalo de tiempo de 3000 segundos, se efectúa la comparación de áreas, por la proporcionalidad de las mismas con la concentración de los elementos objeto de estudio. El análisis cualitativo y cuantitativo de los espectros se realiza a través de los programas Spectrum Analysis by Least Squares Fitting Method and Emission Transmission Method (AXIL) V. 3,5.

El empleo del tubo de Molibdeno como fuente de excitación, permite la detección de los elementos con números atómicos comprendidos aproximadamente entre 17 y 46 por sus emisiones correspondientes a líneas  $K\alpha$  y  $K\beta$ , y para números atómicos superiores (hasta 92 aproximadamente), por sus emisiones correspondientes a las líneas L (como en el caso del Plomo, Bario y Antimonio).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo de la base de los resultados obtenidos con los métodos empleados actualmente en el Laboratorio Químico - Biológico que permiten identificar en forma cualitativa principalmente Plomo (el componente mayoritario de este tipo de muestras) y en ocasiones también Bario, con una sensibilidad del orden de partes/1000 ( $\text{‰}$ ), se ha buscado en esta etapa de la investigación, determinar si la Fluorescencia de Rayos X es apta para el mismo fin y si con su utilización se consigue, en alguna medida, mejorar los resultados obtenidos, de modo a poder emplearla en forma rutinaria como Criterio de Certeza o como Contraprueba en casos reales. Según teorías manejadas en Criminalística, es de esperar que el residuo

metálico proveniente de disparos de revolver sea de mayor magnitud que el que corresponde a pistola, debido al mecanismo propio del disparo y la consiguiente deflagración. Durante el desarrollo del presente estudio se han obtenido resultados coincidentes con lo antedicho.

Se determinaron también los niveles basales de los elementos presentes (principalmente Plomo) en las cintas levantadoras de material, empleadas como soporte para la recolección de muestras, ya que las mismas son empleadas indistintamente de acuerdo a su disponibilidad. Se ha podido comprobar que, efectivamente, son equivalentes entre sí cuando se trata particularmente de aquellas de características similares pero de tamaño diferente, observándose pequeñas variaciones entre unas y otras (clasificadas convencionalmente por el color de fondo del soporte), de acuerdo al tipo e independientemente del tamaño (huella; 10 X 5; 10 X 10). En todos los casos se han observado niveles "umbrales" de Plomo diferentes, pero ha sido posible también verificar que los mismos aumentan en proporción suficiente como para no dar lugar a dudas respecto a la presencia de residuos, excepto en el caso de la cinta adhesiva transparente fijada sobre soporte plástico de tamaño 10 X 10, también transparente.

En este punto cabe señalar que los alumnos de la Facultad de Química emplearon como soporte Cinta Contact de uso comercial, con la cual y presumiblemente debido a su porosidad se han obtenido los mejores resultados en cuanto a la magnificación de área correspondiente al Plomo (del orden de 10 veces), a pesar de partir de niveles basales relativamente altos. Cabría verificar si la misma es apta para emplearse en las reacciones convencionales de coloración, así como los niveles obtenidos con las mismas con muestras provenientes de disparo de pistola.

El análisis de las diferentes cintas "soporte" (blancos), ha posibilitado la creación de un Banco de Datos con especificaciones de los elementos presentes en cada una de ellas y sus niveles considerados basales, de modo tal a independizar el estudio de futuras muestras desconocidas del soporte sobre el cual se realiza el mencionado análisis.

Las determinaciones efectuadas con muestras tomadas de personas que no



dispararon y que tampoco corresponden a las profesiones que podrían dar reacciones cruzadas, reproducen efectivamente sus respectivos blancos.

Se constató también la presencia de otros elementos como: Hierro, Manganeso, Estroncio, Cobre, Cloro, Titanio, Calcio, Potasio, Zinc, aunque en cantidades y combinaciones variables en las diferentes muestras, relacionadas también con el tipo de cinta, por lo que su importancia deberá evaluarse en posteriores mediciones.

Los resultados arrojados por el análisis de dos tipos de pólvora han permitido distinguir que la composición de las mismas varía cuantitativamente en forma significativa en lo concerniente a Plomo y Zinc principalmente.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten aseverar que:

- El método de FRX-ED en las condiciones de medición empleadas, es apto para determinar cuali y cuantitativamente la presencia de Plomo a nivel de trazas, con una sensibilidad del orden de ppm.
- Su eficiencia permite en principio diferenciar cuantitativamente (como criterio orientador) áreas provenientes de residuos de disparos de pistola de los de revólver, tanto en muestras de manos de tiradores como de puntos de impacto, lo que constituye el primer avance en relación al método de coloración. Cabe destacar que en todos los casos las lecturas se han efectuado sin preparación previa de las muestras y por lo tanto sin introducir ninguna modificación u alteración en las mismas.
- Pueden emplearse diferentes cintas para el levantamiento de muestras, exceptuando la cinta transparente fijada sobre soporte de plástico 10 x 10 transparente (probablemente debido a las características y el origen del soporte de plástico). El hecho de no haber encontrado en muestras provenientes de las manos de personas que no dispararon, elementos característicos en niveles significativos en relación a los correspondientes blancos, es prueba de especificidad en cuanto a la detección de los residuos antes mencionados en concordancia con

muestras recogidas en tiradores.

- Aunque en trabajos similares los tiempos de lectura empleados son menores, por ser suficientes para proporcionar una buena relación señal/ruido, se ha escogido el mencionado intervalo, debido a que, como son muestras con escaso material, tiempos de conteo largos permiten diferenciar efectivamente los elementos presentes a nivel de trazas de los contaminantes presentes a nivel de subtrazas, ya que ha sido posible notar que en todos los casos, los mencionados elementos son detectables en las muestras tanto en las zonas de contacto directo como indirecto y, sin embargo, no están presentes cuando no ha habido efectivamente interacción, por lo que, en éstas últimas, se pueden descartar sin lugar a dudas.
- Como aporte fundamental cabe destacar la posibilidad de contar con el DATO PRIMARIO, requisito fundamental de las Buenas Prácticas de Laboratorio (GLP), prueba impresa, única e irremplazable de los resultados arrojados por una muestra, constituida por el valor tabulado del Área de cada elemento identificado en la muestra, y las curvas correspondientes.
- Como esta etapa es parte de un diseño experimental más amplio, a fin de poder emplear la técnica en forma rutinaria, es menester continuar analizando las demás variantes (tipo y calibre de armas, tipo y distancia de puntos de impacto, tipos y procedencias (origen) de proyectiles y cartuchos, composición de los explosivos de artefactos pirotécnicos, residuos "puros" provenientes del la boca y del interior del caño del arma, muestras de profesionales que puedan dar reacciones cruzadas, etc.) y ampliar la metodología en cuanto a diseñar un esquema de recorrido de las cintas (sobre todo para confirmar resultados negativos con seguridad), analizar la factibilidad de corroborar composición del Mixto Fulminante y efectuar estudios empleando Fuentes radiactivas en lugar del tubo de Molibdeno, cuyas energías permitan distinguir líneas correspondientes a los demás elementos (Bario, Antimonio), aunque algunos trabajos

similares efectuados en Chile y Argentina destacan que no siempre es posible detectar residuos de estos últimos elementos en manos de tiradores.

## APÉNDICES

Las figuras 1 a 4 incluidas en el Apéndice, permiten efectuar una comparación de los espectros correspondientes a residuos observados en un Blanco, un disparo de Pistola 9 mm, un disparo de Revolver calibre 38 y un punto de impacto de Revolver calibre 38, donde es notorio, sobre todo, el incremento correspondiente al área de Plomo en cada caso.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la invaluable colaboración de Virgilio Franco do Nascimento Filho del Centro da Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP. Dpto. de Física e Meteorologia - ESALQ/USP. Piracicaba - Brasil.

## REFERENCIAS

Análisis de Partículas para la detección de Residuos de Disparo de Armas. V. Nicolau, N. Pratta, A. Giandoménico, S. Montoro. Avances en Análisis por Técnicas de Rayos X, Volumen IX, Anales del V Seminario Latinoamericano de análisis por Técnicas de Rayos X, Nota Técnica, 176-182, SARX'96

Fluorescencia inducida por fuentes radioactivas con Dispersión en Energía (EDXRF) en la Identificación de Elementos Trazas de Muestras Forenses. Avances en Análisis por Técnicas de Rayos X, Volumen VIII, Nota Técnica.

Tratado de criminalística, Tomo II. Policía Federal Argentina

Sample preparation techniques in trace element analysis by X-Ray emission spectroscopy. V. Valkovic. Institute Ruder Boskovic, Zagreb, Croatia, Yugoslavia. IAEA-TECDOC-300; 1983

Handbook of X-Ray Spectrometry - Methods and Techniques. Van Grieken, R.; Markowicz, A. - Practical Spectroscopy Series - Volume 14 - 1993



Muestra	Area (Pb)
Blanco	16 ± 19
Pistola	132 ± 16
Revolver	1928 ± 40
Punto de Impacto	9686 ± 71

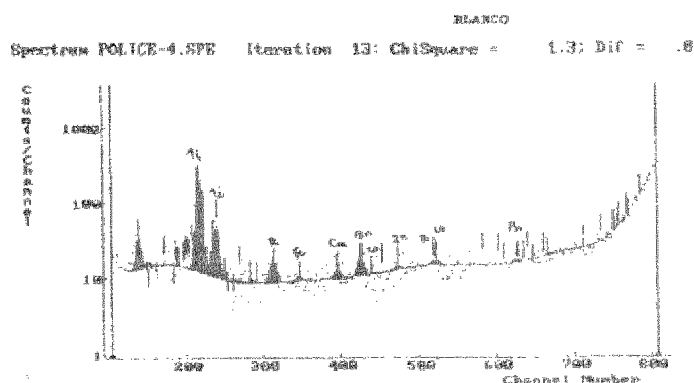


Fig. 1 - Cinta para levantamiento de muestras (Blanco)

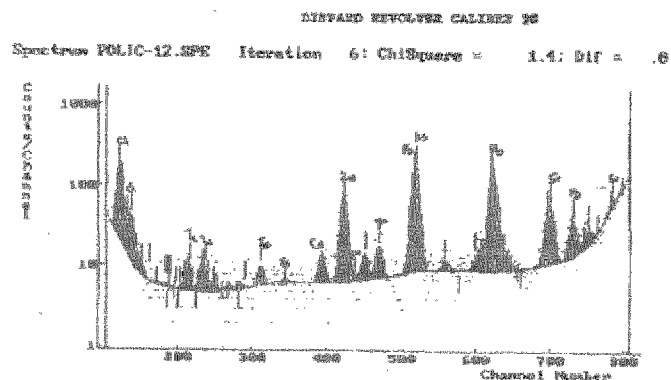


Fig. 3 - Disparo de Revólver Calibre 38

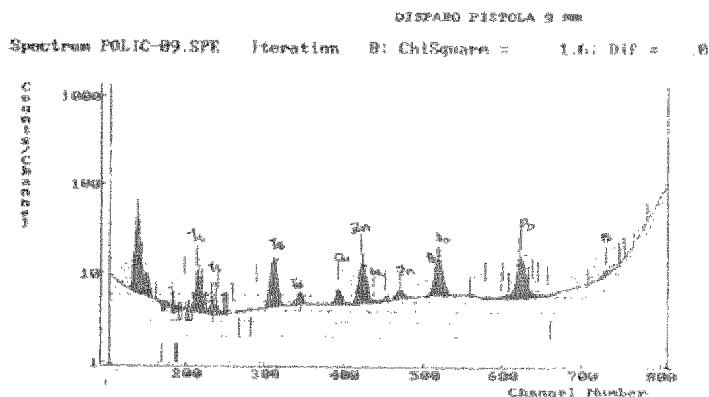


Fig. 2 - Disparo de Pistola 9 mm

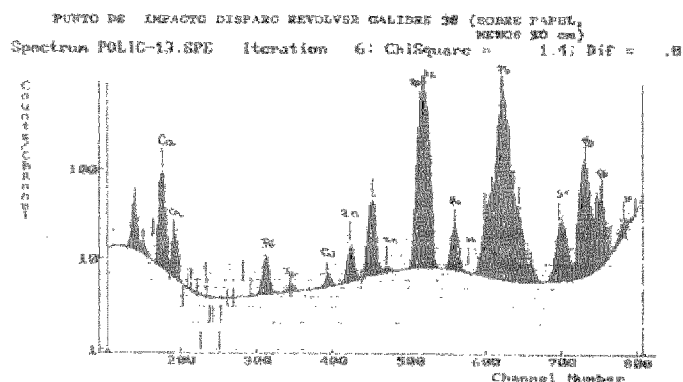


Fig. 4 - Punto de Impacto de Revolver Calibre 38