

Indicios

Por Lothar Koch

ANÁLISIS FORENSE DE MATERIALES NUCLEARES Y TRÁFICO ILÍCITO

En 1994, después de efectuar un registro en la casa de un conocido delincuente, la policía de Baden-Württemberg, Alemania, encontró por casualidad una muestra de plutonio. El análisis efectuado en el Instituto europeo de elementos transuránicos, ubicado en Karlsruhe, mostró una mezcla de aleación utilizada sólo en “bombas atómicas”.

Lamentablemente, este no fue un incidente aislado. En un banco de datos del OIEA se incluyen otros casos notificados de tráfico ilícito de materiales nucleares u otros materiales radiactivos. (Véase el recuadro acerca de incidentes relacionados con el tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos.) Además de la preocupación normal por la proliferación nuclear, después de los sucesos del 11 de septiembre, las personas se sienten desconfiadas ante un posible ataque de los terroristas con un artefacto nuclear o un dispositivo de dispersión radiológica (DDR). Hasta ahora, las cantidades confiscadas no han sido suficientes para fabricar un dispositivo nuclear explosivo, pero sí podrían serlo para construir un DDR.

Al reconocer el reto global latente que representa para la salud y la seguridad del público, los Estados del Grupo de los Ocho (Japón, Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, Italia, Canadá y Rusia) han exhortado a que se realicen esfuerzos internacionales conjuntos para delimitar y frenar la oferta ilícita y la demanda de material nuclear, así como para disuadir a traficantes potenciales. Una medida que cobra importancia es determinar el material incautado e investigar su origen, objetivo de una nueva ciencia conocida como análisis forense de materiales nucleares.

Plan de acción

En repetidas ocasiones observamos que materiales nucleares u otros materiales radiactivos de origen desconocido se liberan hacia el medio ambiente o se obtienen ilegalmente. Ello emana de :

- accidentes relacionados con material disperso;

- vertimiento ilegal de chatarra o desechos nucleares;
- liberaciones de trazas procedentes de actividades declaradas o clandestinas;
- fuentes radiactivas huérfanas;
- material nuclear desviado;
- tráfico ilícito de materiales nucleares u otros materiales radiactivos.

Al investigar esos incidentes, se plantean cuestiones en cuanto al uso previsto, el origen y, cuando proceda, la vía de contrabando del material detectado. Con ese propósito, el Grupo internacional de trabajo técnico sobre contrabando nuclear elaboró un “Plan de acción modelo”, que esboza diversas medidas que deben adoptarse una vez que el material se encuentre o confisque. El OIEA y el Instituto ayudaron conjuntamente a los Estados Miembros en su ejecución y aplicación mediante un ejercicio de demostración. Como resultado de la capacitación y del mejoramiento técnico, los servicios encargados de hacer cumplir la ley en esos Estados ahora pueden determinar hasta qué punto los materiales nucleares confiscados pudieran constituir un riesgo laboral o una amenaza pública. Si fuese necesario, los científicos de los Estados de que se trata caracterizarán los materiales, conjuntamente con la asistencia de expertos en análisis forense de materiales nucleares en el Instituto, para averiguar el uso previsto, el origen y la ruta de contrabando del material confiscado.

La modalidad incipiente

El plan de investigación del material nuclear o radiactivo no se diferencia mucho del análisis forense clásico. Antes de preservar las pruebas, los funcionarios toman las precauciones necesarias para proteger al público y a ellos mismos (bajo la observación de la cadena de custodia requerida para ese Estado). Las trazas (fibras, polvo, ADN, huellas, etc.) de superficies contaminadas se recogen mejor en los laboratorios apropiados.

¿De qué forma el análisis forense de materiales nucleares contribuye a resolver el enigma? El análisis forense de materiales nucleares proporciona valiosas ideas basadas en el hecho de que en cada material nuclear o radiactivo, la composición isotópica de los elementos químicos entrantes se manifiesta de forma excepcional y difiere de la de los elementos naturales. La

modalidad de la abundancia isotópica refleja los procesos de enriquecimiento y la irradiación en los reactores nucleares. Aunque la geocronología o cosmología utilizan el mismo principio, en el análisis forense de materiales nucleares existe una abundancia de nucleidos artificiales por lo cual su formación nuclear es conocida. La proporción de nucleidos padres/descendientes revela el tiempo transcurrido dentro del cual se produjo la reacción nuclear o un tratamiento químico posterior. La abundancia de radionucleidos revela el tipo y las condiciones de producción.

En 1994, las autoridades encargadas de hacer cumplir la ley en el aeropuerto de Munich confiscaron 363 g de plutonio (Pu). Sin embargo, se sospechó que el material era una “falsificación”, compuesto de fuentes anteriormente identificadas. El análisis del uranio (U) mixto y de las partículas de plutonio (Pu)-óxido demostraron que el Pu se formó en un espectro de energía neutrónica inusualmente atenuado. Esto demostró que tenían una edad similar y que no se produjeron ni formaron a partir de las fuentes conocidas. Sobre la base de esa información endógena —inherentemente “grabada” en el material—, se reconoce el uso previsto. Con todo, no indica el origen geográfico de su producción. Afortunadamente, todos los productos nucleares y radiactivos se deben caracterizar ampliamente en relación con la garantía de calidad y la seguridad. Las condiciones de producción específica de la planta y la diversa especificación del material hacen que cada producto sea peculiar. Esas especificaciones se registran sistemáticamente en una base de datos y ello permite que los expertos en análisis forense hagan una equiparación entre el material caracterizado y el historial de la planta. Esa equiparación ofrece pruebas convincentes de su origen.

Por supuesto, al comienzo de un análisis, se desconoce la historia del material investigado. Por consiguiente, al principio el analista debe determinar algunos datos básicos del material y después investigar el historial de la planta u otras bases de datos pertinentes y disponibles. Al observar el principio del diagnóstico, el analista excluye gradualmente los posibles lugares propuestos generando datos adicionalmente solicitados hasta que a la larga sólo quede un lugar como el origen posible. En otras palabras, la investigación analítica se guía y se determina atendiendo a los datos históricos pertinentes y disponibles.

Instrumentos del oficio

El análisis forense de materiales nucleares puede depender de diversos métodos establecidos y reconocidos. La instrumentación analítica y los procedimientos utilizados en la fabricación de materiales radiactivos y nucleares no sólo son apropiados sino también indispensables para obtener información de calidad

INSTRUMENTOS DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA EL ANÁLISIS FORENSE DE MATERIALES NUCLEARES

| Para el material a granel | datación | radiotoxicidad | uso | origen |
|--|----------|----------------|-----|--------|
| Microscopía óptica | | | x | x |
| Espectroscopía gamma o alfa | x | x | | |
| EM* con plasma de acoplamiento inductivo | x | x | x | x |
| EM* de descarga luminosa | | x | | |
| Microsonda | | | | x |
| AXDE* + microscopía electrónica | | | | x |
| Difracción de rayos X | | | | x |
| EM* de iones térmicos + dilución isotópica | x | x | | x |
| Para partículas | | | | |
| Microscopía electrónica | | | | x |
| EM* de iones secundarios | x | x | | x |

*EM = espectrometría de masas **AXDE = Análisis de rayos X basado en la dispersión de la energía

similar para compararla con el historial de la planta. La caja de herramientas (*Véase el recuadro titulado Instrumentos de Técnicas Analíticas*), resume las técnicas analíticas más comunes que se utilizan. Se agrupan en instrumentos relacionados con:

- la medición del peso y las dimensiones de los materiales, por ejemplo, una pastilla de combustible;
- la determinación de la abundancia de los nucleidos principales, por ejemplo, enriquecimiento del U 235;
- el análisis de la composición química;
- la descripción de la microestructura; y
- el análisis de las impurezas.

Con el fin de establecer una comparación con los datos históricos disponibles, pero muy específicos, el experto en análisis forense de materiales nucleares a veces necesita realizar análisis especiales como el de la rugosidad de la superficie del combustible, el tamaño de una partícula, etc.

Como en el análisis forense clásico y la geocosmología, el análisis forense de materiales nucleares también se vale del análisis químico y de la microscopía óptica y electrónica. Las técnicas espectrométricas de masas resultan de especial importancia. Algunas son también comunes en el análisis de trazas de elementos naturales (por ejemplo, fuente de chispa o espectrometría de masas inducida por el plasma, pulverización catódica o espectrometría de masas mediante ablación por láser); pero en el análisis forense de materiales nucleares la información decisiva se obtiene a partir de cambios observados en la abundancia isotópica. En el caso de los nucleidos con radiactividad específica alta, las técnicas radiométricas, y sobre todo la espectrometría alfa y gamma, son medios apropiados de análisis. Las partículas, incluso que suponen isótopos débilmente activos, se caracterizan eficazmente mediante la microscopía electrónica unida a la espectrometría de masas de iones secundarios. La instrumentación pertinente combina la alta resolución espacial con una muy buena sensibilidad de detección química y una alta resolución de masas (isotópica).

Ejemplos específicos

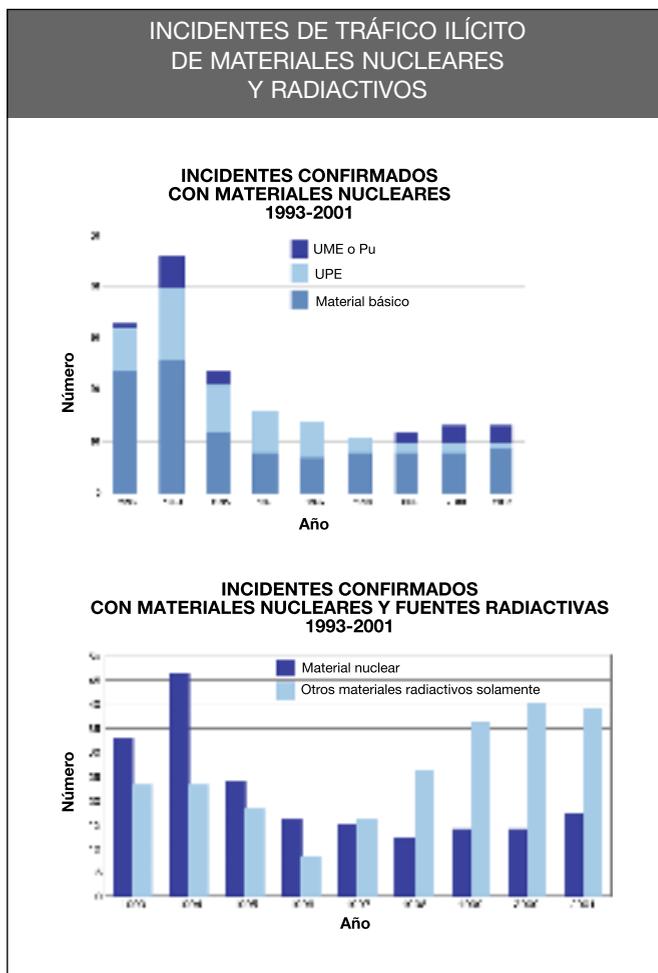
Dos incidentes anteriores analizados en el Instituto europeo de elementos transuránicos e incluidos en la base de datos del OIEA ilustran el uso del análisis forense de materiales nucleares.

En Ulm, Alemania, la policía encontró 202 pastillas radiactivas en una caja fuerte. La forma de las pastillas las identificaba como combustible nuclear de un reactor de agua ligera. El análisis arrojó un enriquecimiento del U 235 del 4,38%, lo que indicaba que estaban destinadas a la recarga. Las impurezas satisfacían las especificaciones de las dos plantas de fabricación del combustible nuclear que producen esas pastillas. En esta situación se necesita información adicional —incluso menos significativa desde el punto de vista técnico— sobre las impurezas (como una planta de sosa cáustica cercana que origina un contenido característico de Sodio (Na) en el rango de los ppb o sobre las diferencias en las técnicas de fabricación como la rugosidad de la superficie del combustible. Fue esto último lo que contribuyó finalmente a especificar la planta de origen debido a su conocida trituración húmeda que produce una superficie más lisa que la trituración en seco empleada en otros lugares.

La espectrometría de masas de iones secundarios se utiliza para medir el enriquecimiento del U 235 de partículas en muestras de frotis para detectar el enriquecimiento clandestino del uranio en muestras ambientales que el OIEA ha tomado. Con esta eficaz técnica también se encontraron partículas del U 235 del 87,8% en una pieza radiactiva de acero inoxidable en un patio de chatarra de una planta de refinación de metales. Resultó ser un conjunto de combustible de reactor rápido que se reconoció por su forma. El acostumbrado enriquecimiento del U 235 para reactores rápidos es del 19%, material nuclear no utilizable para armas. Por tanto, se concluyó que este conjunto era un prototipo de un reactor de prueba conocido y menos potente. El combustible piroquímicamente producido ya se había retirado mediante el corte abrasivo de los conjuntos realizados de forma no profesional. Fue interesante observar que el combustible retirado se sometió al tráfico ilegal en lotes mediante varios Estados antes de que la policía lo confiscara. Las muestras de todos los materiales confiscados eran idénticas en el enriquecimiento del U 235 y las impurezas.

Raspando la superficie

Aún existe necesidad de disponer de nuevos métodos para revelar la historia de un material nuclear o radiactivo desconocido. La investigación y el desarrollo en marcha deben procurar técnicas analíticas más precisas y una interpretación más concluyente para entender la información endógena implícita en el material. En el futuro, debe resultar más fácil distinguir entre los diferentes procesos de enriquecimiento del U 235, reconstruir la historia de explotación de una planta de reelaboración a partir de sus desechos, así como reconocer las etapas del proceso de fabricación de un material.



licencia para manipular materiales nucleares o radiactivos. Por esa razón, el OIEA considera la posibilidad de establecer una red internacional de laboratorios forenses que prestaría servicios a los Estados Miembros en la caracterización y determinación del material desconocido. Los científicos podrían acudir a los laboratorios de la red con el fin de observar las investigaciones del material confiscado en su Estado.

Los datos históricos desempeñan un papel esencial en la determinación del origen del material. Como el acceso a esa información es limitado debido a las restricciones jurídicas, la sensibilidad comercial o las preocupaciones de seguridad nacional, se ha propuesto coordinar el establecimiento de una red de bancos de datos para búsquedas solamente. La búsqueda analítica se realiza a través de la red hasta que se obtenga un resultado en la base de datos. Lo menos importante es si el resultado pasa a ser de dominio público, siempre que el último propietario legal pueda reconocer el material y eliminar el resquicio.

Lothar Koch ha trabajado con el OIEA en la esfera del tráfico ilícito de materiales nucleares. Recientemente se jubiló como jefe de división del Instituto europeo de elementos transuránicos, Karlsruhe, Alemania. Correo electrónico: koch.weingarten@t-online.de.