



Protección contra todas las fuentes posibles de radiación ionizante mediante la elaboración y aplicación de las normas de seguridad más avanzadas.

Uranio empobrecido

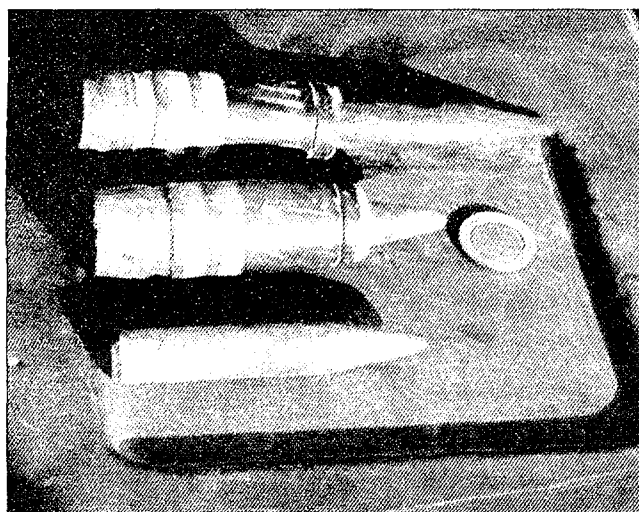
El uranio empobrecido (UE) es un subproducto del proceso de producir combustible para ciertos tipos de reactores nucleares y armas nucleares. Para fabricar dicho combustible se enriquece el uranio natural (U) a fin de aumentar la cantidad del isótopo U-235, que es el causante de la fisión nuclear. La mezcla que queda después de retirar el uranio enriquecido se denomina uranio empobrecido porque contiene cantidades reducidas de los isótopos U-235 y U-234. El UE es 60% menos radiactivo que el uranio presente en la naturaleza. Químicamente, se comporta como el uranio natural. El UE es además un metal muy denso, lo cual hace que sea apropiado para diversos usos comerciales, tales como lastre para buques y aeronaves.

El UE se emplea también para fabricar municiones perforantes. Las municiones con UE se utilizaron por primera vez durante la Guerra del Golfo de 1991

y, más recientemente, en el conflicto en que intervinieron tropas de la OTAN en Kosovo. Se ha planteado la preocupación de que el UE procedente de esas municiones presentes en esas zonas conflictivas pueda representar ahora un riesgo para la salud de los que viven y trabajan en ellas o para el medio ambiente. Dichos riesgos podrían ser consecuencia de las propiedades químicas o radiológicas del uranio empobrecido.

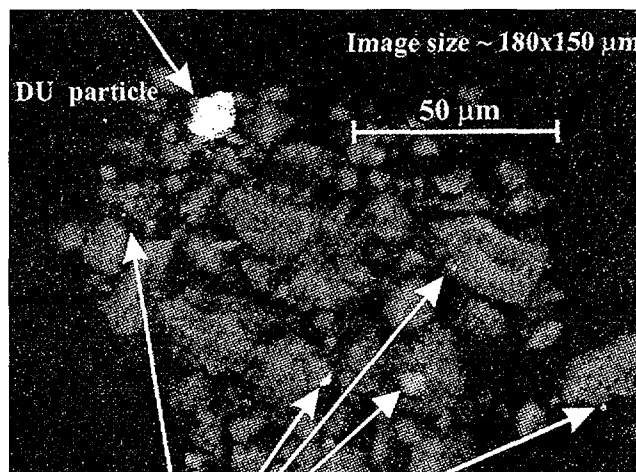
En virtud de su Estatuto, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) tiene el mandato específico de establecer, en consulta y colaboración con otros órganos y organismos especializados interesados de las Naciones Unidas, normas para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, y de disponer lo necesario para la aplicación de dichas normas. Por lo que concierne a los posibles peligros radiológicos,

Municiones de UE utilizadas durante el conflicto de Kosovo.
Foto: A. Bleise/OIEA.



Imágenes de partículas de UE (puntos claros) obtenidas con un microscopio electrónico de barrido equipado con un detector de fluorescencia X dispersiva de energía.

Foto: P. Danesi/OIEA.



el Organismo ha elaborado las Normas Básicas Internacionales de Seguridad conjuntamente con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo y la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Estas normas, conocidas como las NBS, abarcan una amplia gama de situaciones que dan o podrían dar lugar a una exposición a las radiaciones como, por ejemplo, la que posiblemente produzca el uranio empobrecido.

Las NBS establecen límites para la exposición a cualquier combinación de isótopos del uranio, incluidos los que se encuentran en el uranio empobrecido. Estos límites se basan en las recomendaciones de dos órganos asesores de expertos: la *Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR)*, que proporciona orientación sobre protección radiológica, y el *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)*, que estima los efectos de las radiaciones en la salud. Los límites establecidos en las NBS varían según se trate de una exposición que afecte a los trabajadores o al público en general, pero se aplican a cualquier uso o práctica en la que exista radiación ionizante.

Las NBS fijan los límites de la dosis anual de exposición a las radiaciones para el público y los trabajadores en 1 mSv y 20 mSv respectivamente. En el caso del UE, determinar si esos límites se excedieron o no realmente, por ejemplo, en las zonas donde hubo conflictos, requeriría estudiar un grupo representativo de personas y calcular sus dosis posibles procedentes de la exposición a las partículas de UE en las condiciones específicas existentes en la zona.

El análisis de laboratorio es una parte importante para la determinación de dosis potenciales causadas por fuentes de radiación del medio ambiente. Las muestras probablemente contaminadas por la radiactividad, que en el caso del UE podrían ser el suelo, los árboles o cualquier construcción alcanzada por municiones de UE, deben recogerse sobre el terreno. El Laboratorio del Organismo en Seibersdorf, apoyado por una red mundial de laboratorios experimentados, cuenta con capacidad para recoger muestras y someterlas a ensayos a fin de determinar la presencia de una gran variedad de radioisótopos. La toma y manipulación adecuadas de las muestras sobre el terreno

La red de Laboratorios Analíticos para Mediciones de la Radiactividad en el Medio Ambiente del OIEA (ALMERA) se estableció en 1999.

En esa red participan unos 80 laboratorios, de 65 países, con capacidad para prestar apoyo al Organismo en trabajos de radioanálisis para la evaluación radiológica de zonas afectadas por emisiones de radiactividad accidentales o intencionales.

es esencial para obtener resultados de calidad. Una vez que las muestras llegan al laboratorio, el próximo paso es someterlas a examen para detectar signos de radiactividad. Con esta finalidad se utiliza en Seibersdorf un espectrómetro gamma. En caso de que esta prueba inicial indique la presencia de radiactividad, el próximo paso será procesar las muestras para un nuevo ensayo basado en técnicas radioquímicas para determinar y cuantificar de modo más preciso la fuente de radiación detectada. En el caso del UE, es también importante determinar sus características físicas (el tamaño de las partículas), puesto que la vía más probable de exposición es la inhalación de partículas pequeñas.

La radioquímica, que sirve para determinar y cuantificar los radionucleidos específicos contenidos en la muestra, exige el análisis destructivo de la misma. El equipo y las técnicas utilizadas dependerán de los elementos de que se trate — de su peso y tamaño molecular y del tipo de radiación (alfa, beta o gamma) que emitan. En el caso de un isótopo pesado como el uranio, una vez que la muestra se ha procesado y disuelto el análisis del UE puede efectuarse con un espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). El ICP-MS puede detectar cantidades minúsculas de isótopos del uranio y distinguir entre el uranio natural y el uranio empobrecido con una precisión de varias partes por trillón (en las muestras en solución).

El OIEA, en colaboración con otras organizaciones de las Naciones Unidas, ha estudiado otros casos de contaminación radiactiva del medio ambiente para determinar si se ajustan o no a los límites radiológicos establecidos por las NBS, por ejemplo, en la Polinesia Francesa, las Islas Marshall, Kazajstán y el Mar de Kara. El laboratorio de Seibersdorf también ha participado en algunas actividades dirigidas a vigilar una amplia gama de elementos radiactivos en el medio ambiente, por ejemplo, en Chernóbil, los atolones de Mururoa y Fangataufa, y Semipalatinsk.

Para que el Organismo emprenda una evaluación radiológica es preciso que previamente un Estado Miembro formule una petición oficial, que la situación radiológica causante de preocupación esté bien definida (habitualmente como resultado de una misión investigadora anterior), y que haya acuerdo sobre las disposiciones financieras.

Si se cumplen estos requisitos, el OIEA tiene la competencia técnica requerida para iniciar y coordinar un estudio internacional destinado a evaluar la situación radiológica. Este estudio se realiza generalmente en cuatro etapas:

- determinación del término fuente por medio de un programa de vigilancia ambiental;
- elaboración de modelos de las posibles vías de transferencia del medio ambiente a las personas;

En noviembre de 2000 el OIEA participó en un estudio, dirigido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), de 11 emplazamientos en que se utilizaron municiones de UE durante el conflicto de Kosovo. Dicho estudio llegó a la conclusión de que la contaminación detectable de la superficie terrestre por UE se limita a zonas que están en un radio de unos pocos metros de los proyectiles penetradores y a puntos localizados de contaminación concentrada producida por los impactos de esos proyectiles. La misión comprobó que había un cierto número de puntos de contaminación, pero en su mayor parte sólo ligeramente contaminados. El estudio llegó además a la conclusión de que, debido a los bajos niveles de radiactividad detectados, dichos puntos no suponen un riesgo significativo en lo que se refiere a la contaminación del aire, el agua o las plantas. Se observó que el único riesgo de cierta importancia sería el de que alguien tocara un punto contaminado, contaminándose así las manos y exponiéndose a una transferencia subsiguiente a la boca, o el de que alguien ingiriera directamente tierra contaminada. Pese al reducido riesgo, el PNUMA recomienda un enfoque precautorio, consistente en detectar todos los lugares en que pueda encontrarse presente UE y evaluar la necesidad de una limpieza. Se recomienda un nuevo estudio sobre la posible contaminación ambiental a más largo plazo y la contaminación por UE de otras zonas de la región.

- evaluación de las dosis de radiación a los grupos representativos de las personas; y
- verificación de que las dosis se ajustan a lo establecido en las Normas Básicas de Seguridad.

En caso de que un estudio de este tipo demostrase que no se cumplen las NBS, el OIEA recomendaría posibles medidas correctivas. De ser dicho incumplimiento tan extremo que pudiese tener consecuencias para la salud, incumbiría a la OMS hacer frente a tales consecuencias.

Con respecto a la necesidad de limpiar las zonas en que se utilizaron armas con UE, las NBS no contienen criterios específicos para ayudar a decidir qué medidas deberían adoptarse. Con todo, la CIPR¹ ha establecido criterios de dosis que, en principio, podrían aplicarse al tomar dichas decisiones. Muchas decisiones en materia de protección radiológica se basan en la comparación con un límite de dosis anual de 1 mSv fijado para los miembros del público. No obstante, la CIPR ha proporcionado orientación utilizando una escala de niveles de dosis para facilitar la adopción de decisiones prácticas en diversas situaciones.

Toda intervención de limpieza tendrá que justificarse desde el punto de vista radiológico en cada caso particular. Las directrices sobre dosis individuales

¹ *Publicación 82 de la CIPR (ICRP Publication 82, Pergamon Press 1999).*

ⁱ S. Fetter y F.N. von Hippel, *Science and Global Security*, 8:2 125–161, 1999. El informe del PNUMA "Depleted Uranium in Kosovo, Post-Conflict Environmental Analysis" presenta estimaciones similares.

ⁱⁱ Adoptando hipótesis de maximización, S. Fetter y F.N. von Hippel han calculado dosis de 30 µSv en un año (S. Fetter y F.N. von Hippel, *ibíd.*). A. Nusser y otros calcularon dosis máximas comprendidas entre 30 y 100 µSv en un año, según el grupo de edad considerado, en un documento preparado para el Grupo de trabajo sobre el uranio empobrecido (Artículo 31) de la Comisión Europea (Nusser, A., Kugeler, E., Thierfeldt, S., *Estimation of Effective Doses due to Depleted Uranium, Brenk Systemplanung, Aachen, 2001*). En el informe del PNUMA "Depleted Uranium in Kosovo, Post-Conflict Environmental Analysis", figuran estimaciones de dosis parecidas.

Vía	Dosis efectiva estimada	Observaciones	¿Se justifica una intervención?
Manipulación de proyectiles de UE	Unas pocas decenas de mSv	Sobre la base de una tasa de dosis de contacto de 2 a 2,5 mSv por hora a la piel ⁱ , en el supuesto de que la persona esté en contacto con el objeto durante el 10% del tiempo. Comparable con la dosis recibida por una persona en los tanques completamente cargados de munición de UE.	Puede ser necesaria una intervención.
Inhalación de UE en forma de aerosol	Unos pocos mSv	Probabilidad de dosis a las personas que inhalen polvo al entrar en vehículos militares alcanzados por munición de UE.	Las dosis se sitúan en una gama en la que debe considerarse la posibilidad de intervención.
Exposición al UE en el medio ambiente	Menos de 1 mSv	Las dosis son en particular las causadas por la inhalación y la ingestión de UE dispersado en forma de aerosol. Probablemente del orden de unos pocos µSv para la mayor parte de las personas, incluso en la cercanía de campos de batalla ⁱⁱ .	Las dosis son inferiores al límite de 1 mSv aplicable al público y probablemente próximas a los niveles de "exención" del OIEA.

preseleccionadas sólo pueden ser un aporte para la toma de decisiones, pero ningún factor tomado aisladamente debería ser decisivo. Con estas salvedades, la CIPR ha recomendado criterios diferenciados de intervención basados en la dosis efectiva individual. En los casos en que se exceda una dosis efectiva individual de 100 mSv, la intervención debería ser "... *casi siempre justificable*", en tanto que si la dosis individual es superior a 10 mSv, la intervención "... *puede ser necesaria*". En cambio, para dosis inferiores a 1 mSv, la intervención es "... *probablemente no justificable*"

Para decidir si se justificaría la aplicación de medidas correctoras (incluida una operación de limpieza), primero es necesario evaluar las dosis recibidas por las personas a causa de la exposición al UE y compararlas con las directrices de la CIPR. En el cuadro que figura más adelante, se indican las dosis potenciales a los habitantes de zonas afectadas por el UE para una serie de distintas situaciones de exposición. Las dosis presentadas son teóricas, basadas en suposiciones prudentes.

Estas dosis teóricas indican que las únicas medidas correctoras necesarias en las zonas que fueron escenario de conflictos pueden ser retirar las municiones de UE aún yacientes en el suelo y, posiblemente, todos los vehículos blindados alcanzados por proyectiles de UE, a fin de impedir que las personas entren en contacto directo con una fuente posiblemente contaminada. El alcance de esta operación dependería de varios factores tales como el número y la ubicación de las zonas afectadas, el número de municiones de UE y de blancos que aún se encuentren presentes. Las medidas de precaución podrían incluir también una campaña de información dirigida a poner en conocimiento de la población local, incluido el personal militar, los posibles riesgos inherentes a las municiones de UE y recomendar que se abstengan de recoger las que se encuentren en la zona. Es improbable que se justifique por razones de protección radiológica una limpieza amplia de las zonas afectadas por el uso de municiones de UE, consistente, por ejemplo, en la remoción de suelo o la filtración del agua potable.

Sobre la base de la información actualmente disponible, no parece que las municiones de UE presenten un riesgo de importancia para la salud desde el punto



Estudio radiológico de zonas de Kosovo en que se utilizaron armas con UE. Foto: A. Bleise/OIEA.

de vista radiológico. No obstante, en vista de lo limitados que son los estudios realizados, después de los conflictos, en las zonas en que se utilizaron municiones de UE, la confianza en esa observación se vería aumentada si se hicieran evaluaciones y estudios adicionales.

Además de la evaluación radiológica, el OIEA está elaborando también un curso de capacitación para prestar asistencia a los Estados Miembros en lo referente a técnicas y métodos analíticos que podrían utilizarse para detectar y medir el UE en las zonas que fueron escenarios de conflictos. Por medio de ejercicios prácticos, estudios de casos y trabajos de laboratorio, se capacitará a los participantes en técnicas de detección, caracterización y vigilancia de fuentes de uranio empobrecido. Los participantes podrán asimismo aprender cómo obtener muestras representativas y datos fiables, establecer las bases que permitan evaluar la importancia para la salud de cualquier contaminación, elaborar modelos radioecológicos, y evaluar la situación de exposición. La iniciativa forma parte de la labor en curso del OIEA para fortalecer la protección radiológica en sus Estados Miembros.

Organismo Internacional de Energía Atómica
División de Información Pública
01-01201 / FS Series 3/02/S

Seibersdorf — Análisis de muestras de suelo procedentes de lugares de Kosovo en los que se detectó la presencia de uranio empobrecido. Foto: P. Pavlicek/OIEA.

Izquierda: Muestra de suelo en bruto; centro: procesamiento de las muestras; derecha: análisis en el espectrómetro ICP-MS.

