

CAPÍTULO QUINTO

ARMAS RADIOLÓGICAS

Julio Ortega García

RESUMEN

La proliferación del empleo de materiales radiactivos supone dos amenazas principales para la seguridad. La primera de ellas es la posibilidad de proliferación de armamento que base sus efectos en los daños que produce la radiación ionizante emitida por este material. Sin embargo, es más probable la segunda amenaza, la posibilidad de empleo terrorista y la realización de actividades ilícitas contra las instalaciones donde se utiliza o almacena.

El conocimiento de la radiactividad y sus riesgos contribuye decisivamente a reducir la amenaza, siendo el paso inicial para el establecimiento de medidas para evitar la destrucción causada por este material, tanto al ser utilizado como armamento como de manera ilícita. Todas las medidas deben ser coordinadas de manera conjunta, a través de iniciativas y convenios, preferiblemente por las organizaciones internacionales.

Palabras clave

Armas Radiológicas, Terrorismo Nuclear, Terrorismo Radiológico, Artefacto de Dispersión Radiológica, Bomba Sucia, Artefacto de Exposición Radiológico.

Julio Ortega García

ABSTRACT

The rising employment of radioactive material poses two threats to security. The first threat is the proliferation of weapons based on ionizing radiation emitted from this material. However, it is more probable the possibilities of terrorist use and the illicit activities against radioactive installations.

The know-how of radiation and its risks help to reduce the threat. It is the first step to establish measures to protect ourselves. These measures and actions must be well coordinated between countries with initiatives and treaties. The agreements should be under any international organization control.

Key words

Radiological Weapons, Nuclear Terrorism, Radiological Terrorism, Radiological Dispersal Device, Dirty Bomb, Radiological Exposure Device.

■ INTRODUCCIÓN

Desde que Henry Becquerel descubrió la radiactividad se han realizado espectaculares avances que han llevado a que nuestra sociedad la emplee en múltiples actividades. Cientos de radioisótopos son utilizados a diario en la industria, la medicina, la arqueología o la agricultura, entre otros campos.

En el campo militar, la primera referencia de un estudio para la utilización de este material como arma, se encuentra en el «Proyecto Manhattan», en un documento clasificado dirigido al general Leslie R. Groves⁽¹⁾ en octubre de 1943. En el mismo, los físicos James B. Conant, A.H. Compton y H.C. Urey realizan un resumen de su estudio preliminar sobre el «Uso de Materiales Radiactivos como Armas», y solicitan autorización para continuar con el trabajo. Se apunta el posible uso como contaminante del terreno o como gas venenoso, tanto para eliminar soldados como para causar pánico en ciudades. Además se valora la posibilidad de que los alemanes pudieran emplearlo contra los Estados Unidos.

Vemos por tanto, cómo hace casi setenta años se comenzó a valorar la posibilidad de empleo militar y cómo no se ha concretado en ningún armamento desplegado todavía. Aún así, es necesario revisar si la valoración negativa del material radiactivo como arma sigue vigente, tanto operativa como legal y moralmente, o existen condicionantes que puedan variarla.

Por otro lado, teniendo en cuenta las nuevas formas de combate, principalmente de carácter asimétrico y con actores no estatales involucrados, se debe tener en cuenta la posibilidad de que se emplee material radiactivo. Ciertos actores, como por ejemplo grupos terroristas, pueden ignorar las restricciones legales y morales que un estado cumple y que hace que no se utilicen estas armas.

Así, en este estudio que pretende destacar los puntos principales a tener en cuenta sobre el uso de material radiactivo como arma, se tratará el empleo del mismo en el campo de batalla con el fin de producir daños por la radiación. El mayor conocimiento y la mayor facilidad de acceso a materiales radiactivos podrían suponer la proliferación de armamento radiológico susceptibles de ser empleados contra nuestras fuerzas o contaminar una zona de operaciones. Por lo que se deben analizar las medidas de no proliferación para valorar si son adecuadas o se necesitan modificar.

Y, por otro lado, teniendo en cuenta las características de estos materiales y el actual marco de operaciones hay que destacar la posibilidad de su empleo terrorista, ya que pueden ser una auténtica fuente de pánico y terror si se emplean adecuadamente.

⁽¹⁾ Transcripción consultable en varias páginas web. Por ejemplo: <http://www.brianhaw.tv/index.php/secret/140-secret-30101943-manhattan-project-memo>. Consultado el 10 de abril de 2011.

■ ARMAS RADIOLÓGICAS

Dentro de las llamadas armas de destrucción masiva⁽²⁾ nos encontramos grandes diferencias en la capacidad de destrucción de las mismas. El armamento nuclear se destaca como la verdadera arma de destrucción en masa ya que su capacidad es inmediata, a diferencia de algunas armas biológicas cuya capacidad de destrucción también puede ser en masa pero con un efecto mucho más lento. En cambio el armamento químico y el armamento radiológico están a una escala muy inferior de capacidad de destrucción. En el caso de este último armamento, incluso a veces ha sido designado como *armas de alteración masiva*⁽³⁾ (weapons of mass disruption), porque sus efectos físicos potenciales sobre la población son mucho menores cualitativamente que otros efectos: psicológicos, morales, económicos...

El **empleo directo de material radiactivo como arma** no se ha llevado a cabo por el momento por ningún ejército⁽⁴⁾, y por sus características no parece que en el futuro se emplee. Si realizamos un análisis desde un punto de vista puramente militar, sin tener en consideración ningún tipo de restricción moral o legal del empleo de material radiactivo en el campo de batalla, tenemos que considerar factores de eficacia operativa y una ponderación de coste-beneficio. Para comprender cómo puede ser utilizado este armamento es fundamental conocer primero los efectos físicos que puede producir.

■ Efectos de la radiación

Para la utilización del material radiactivo como arma debemos atender a su capacidad de causar un daño en el objetivo. Los daños sobre los materiales por la radiación en general se producen a dosis muy superiores a los daños sobre el organismo humano, por lo que asumiremos a la persona como el objetivo principal de estas armas. Las radiaciones ionizantes⁽⁵⁾ emitidas por el material radiactivo interactúan con la materia transmitiendo energía al medio de diferente forma⁽⁶⁾, con el resultado general final de la producción de iones. Estos iones producen cambios químicos en las moléculas, principalmente en el agua⁽⁷⁾. A nivel celular, unidad básica del organismo vivo, los cambios químicos en las moléculas pueden afectar a la totalidad de su estructura. Pero son los

⁽²⁾ Normalmente se designa así a las armas nucleares, radiactivas, biológicas y químicas; si bien el carácter de masivo es un término claramente subjetivo.

⁽³⁾ Michael A. Levi y Henry C. Kelly. *Weapons of Mass Disruption*. Scientific American Magazine. Noviembre 2002.

⁽⁴⁾ En 1987, Irak llevó a cabo pruebas con armas radiológicas y los resultados parece que fueron bastantes decepcionantes. www.armscontrol.org/node/2965.

⁽⁵⁾ Radiaciones alfa, beta, gamma, rayos X y neutrones.

⁽⁶⁾ FERRER Antonio y ROS Eduardo. *Física de partículas y de antipartículas*. Valencia. Universitat de Valencia. 2005. P. 73-107.

⁽⁷⁾ BROWN Theodore L. y otros. *Química. La ciencia central*. 9ª edición. México. Pearson Educación. 2004. P. 855.

daños al ADN, donde se encuentra codificada la información genética, los que producen la mayor parte de los daños biológicos inducidos por la radiación⁽⁸⁾.

Estos daños descritos a nivel celular pueden derivar en otros niveles superiores de organización biológica, pudiendo dañar tejidos u órganos. Los efectos por estos daños se clasifican habitualmente atendiendo a cuatro criterios:

- 1) Transmisión:
 - a. Hereditarios: son aquellos que afectan a la descendencia del individuo irradiado
 - b. Somáticos: aquellos que afectan directamente al individuo irradiado.
- 2) Tiempo de aparición de los efectos:
 - a. Prontos: cuya aparición es relativamente inmediata, considerando como significativos operativamente aquellos cuya aparición tiene influencia en el nivel táctico u operacional
 - b. Tardíos: aquellos cuya aparición es diferida, tras meses o años tras la irradiación.
- 3) Reversibilidad:
 - a. Irreversibles: son aquellos cuyos efectos son permanentes
 - b. Reversibles: aquellos que gracias a los mecanismos de reparación y regeneración celular permiten que los tejidos vuelvan a un estado similar al previo a la exposición a la radiación.
- 4) Dosis:
 - a. Estocásticos: aquellos cuya probabilidad de ocurrencia depende de la cantidad de radiación recibida, pero la gravedad de los mismos no depende de la dosis.
 - b. Deterministas: son los resultantes del daño a un número de células con lo que existe un umbral por debajo del cual estos daños no se producen.

En el cuadro siguiente se resumen una serie de características de los efectos:

CARACTERÍSTICA	EFFECTOS ESTOCÁSTICOS	EFFECTOS DETERMINISTAS
SEVERIDAD	Independiente de la dosis	Según umbral alcanzado
MECANISMO	Una o pocas células dañadas	Muchas células dañadas
NATURALEZA	Somática o hereditaria	Somática
DOSIS UMBRAL	No	Sí
APARICIÓN	Tardía	Inmediata o Tardía
CAUSA	Mutaciones	Muerte celular
EFFECTOS HEREDITARIOS	Ej. Anomalías	Ninguno
EFFECTOS SOMÁTICOS	Ej. Carcinogénesis	Ej. Síndrome radiación, Quemaduras

⁽⁸⁾ GAYARRE Gil. Manual de Radiología Clínica. 2ª Edición. Madrid. Elsevier. 2005. P. 25.

Observando estas características, y atendiendo al criterio de operatividad del armamento, podemos descartar los efectos hereditarios por un lado y los efectos estocásticos por otro. Por lo tanto, son los *efectos somáticos deterministas* los que interesan operativamente en el empleo de un arma radiológica.

Vamos a ver a continuación los efectos de la radiación a cuerpo entero, ya que dependiendo del órgano que recibe la radiación, al ser diferente la sensibilidad de cada uno de ellos⁽⁹⁾, se producen distintos efectos. Según la dosis absorbida los síntomas que van apareciendo son cada vez más graves y sus características principales son las presentadas en la tabla siguiente que refleja los efectos que se pueden considerar significativos operativamente, los que son necesarios para que el arma sea efectiva⁽¹⁰⁾:

SÍNDROME	MÉDULA ÓSEA	GASTROINTESTINAL	SISTEMA NERVIOSO CENTRAL
UMBRAL	3-5 Gy	5-10 Gy	>8 Gy
TIEMPO DE APARICIÓN DE EFECTOS	2 Horas a 4 Días	1 hora	3 minutos
PERIODO DE LATENCIA	2-6 semanas	2-7 días	De horas a 3 días
LETALIDAD	Del 10 al 50% sin tratamiento	Del 50 al 90% sin tratamiento	100% sin posibilidad de tratamiento
TIEMPO HASTA MUERTE	Hasta 10 semanas	Hasta 5-6 semanas	3 días máximo sin recuperación posible

■ Armamento radiológico

Los efectos incapacitantes inmediatos solo se producen a dosis extremadamente altas, como se ha explicado. Para alcanzar estos niveles de dosis se deberían emplear unas fuentes radiactivas de muy alta actividad, e incluso en ese caso, el diseño del arma debería ser muy bueno para lograr que se alcanzasen esas

⁽⁹⁾ La radiosensibilidad es la respuesta de la materia viva frente al impacto de una radiación. MORA Héctor. *Manual de radioscopia*. Editorial Club Universitario, Alicante 2008. P. 38.

⁽¹⁰⁾ Para una descripción detallada de los efectos de altas dosis de radiación es fundamental el análisis del capítulo XII de la publicación de referencia en efectos nucleares: GLASSTONE Samuel and DOLAN Philip J.. *The Effects of Nuclear Weapons*. Third Edition. United States Department of Defence and the Energy Research and Development Administration. Washington 1977.

Los datos reflejados en la tabla están obtenidos de:

- NATO AMedP-6. Handbook on Medical Aspects of NBC Defensive Operations. OTAN.
- STANAG 2083. Guía de mandos sobre exposición a la radiación de grupos en guerra. OTAN.
- The Medical NBC Battlebook. USACHPPM Tech Guide 224. USA 1991.
- En múltiples publicaciones existe diversidad en los umbrales, tiempos, etc.

dosis en el objetivo. El usuario debería conseguir situar junto al objetivo una cantidad de material radiactivo que hiciera que, según la situación táctica específica, se produjeran los daños deseados y pudiera explotarlos.

Desde un punto de vista funcional, la dificultad de manejo que supone la radiactividad, obligaría a adoptar medidas de protección radiológica en toda la cadena logística. Esto supondría un planeamiento detallado, el empleo de blindajes, medios de medición en los transportes y otra serie de procedimientos para evitar daños en las tropas propias. Se producen por tanto limitaciones y complicaciones significativas para su empleo.

También hay que tener en cuenta que desde el punto de vista legal, las armas radiológicas no están específicamente reflejadas en ninguno de los principales tratados de Derecho Internacional Humanitario y De la Guerra. La filosofía del mismo restringe el uso de un armamento tan inespecífico que puede afectar a la población y dañar el medio ambiente incluso a muy largo plazo⁽¹¹⁾, por lo que se puede contemplar dentro del prohibido. Ya que, aunque inicialmente no se cita directamente, en el II Convenio de la Haya de 1899 en el artículo 23⁽¹²⁾ se señala:

«Además de las prohibiciones establecidas por Convenios especiales, queda particularmente prohibido:

A. Emplear veneno o armas envenenadas.

B.D

E. Emplear armas, proyectiles o materias destinadas a causar males superfluos.

F.G»

Podemos así considerar el material radiactivo como un veneno o como un causante potencial de «*males superfluos*», e incluirlo dentro del armamento prohibido; teniendo en cuenta que cuando se firmó este acuerdo se desconocía en gran medida la capacidad de daño de la radiactividad.

Con posterioridad se han incluido las armas radiológicas dentro de las armas de destrucción masiva desde prácticamente las primeras definiciones, como la de las Naciones Unidas de 1948, aunque en la Resolución 1540 del Consejo de Seguridad de la ONU⁽¹³⁾, no aparecen señaladas específicamente. Esta resolución es la que «*impone a los Estados, entre otras, la obligación de abstenerse de suministrar cualquier tipo de apoyo a los agentes no estatales que traten de*

⁽¹¹⁾ COOPER John R., RANDLE Keith, SOKHI Ranjee S. *Radioactive releases in the environment: impact and assessment*. John Wiley and sons, England, 2003. Cap. 13-16.

⁽¹²⁾ Se puede consultar todo el Convenio en: http://www.cruzroja.es/dih/pdf/II_convenio_de_la_haya_de_1899_relativa_a_leyes_usos_guerra_terrestre_y_reglamento_anexo.pdf.

⁽¹³⁾ http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1540%20%282004%29&referer=http://www.un.org/sc/1540/index.shtml&Lang=S.

desarrollar, adquirir, fabricar, poseer, transportar, transferir o emplear armas nucleares, químicas o biológicas y sus sistemas vectores»⁽¹⁴⁾.

En múltiples documentos se excluye el término radiológico en la redacción de la definición de armas de destrucción masiva, mientras que en otros sí que aparece. Sería lógico pensar que se deberían unificar incluyendo de manera inequívoca el término radiológico, como en la definición de la ONU de 1948. En las Conferencias de Desarme de la Asamblea General se trata este tema desde hace años⁽¹⁵⁾, incluso con proyectos de prohibición de las mismas⁽¹⁶⁾. Pero a pesar de todo la situación se mantiene sin cambios legislativos; aunque en el espíritu de iniciativas internacionales está la identificación del armamento radiológico como arma de destrucción masiva, dándole el mismo trato que al material nuclear o químico, como por ejemplo en la Proliferation Security Initiative (PSI).

Considerando por tanto las restricciones de carácter moral y legal que restringe su empleo y tenemos en cuenta también las altas posibilidades de que las tropas propias resulten afectadas por la radiación y los posibles efectos en el medio ambiente y la población no combatiente, *se puede descartar este tipo de armamento en un ambiente convencional.*

Sin embargo el empleo de material radiactivo puede resultar atractivo en otro tipo de acciones, especialmente en terroristas u otras operaciones encubiertas. Hay que resaltar la importancia del terrorismo como una de las mayores amenazas a la que nos tendremos que enfrentar⁽¹⁷⁾, pero no es el único escenario en el que el material radiactivo pudiera significar un peligro para las tropas o para la población. La urbanización e industrialización generalizada hace que el combate sea eminentemente urbano por lo que el riesgo de daños sobre indus-

⁽¹⁴⁾ <http://www.un.org/spanish/sc/1540/>.

⁽¹⁵⁾ <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G02/636/04/PDF/G0263604.pdf?OpenElement>.

⁽¹⁶⁾ <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/N87/250/18/PDF/N8725018.pdf?OpenElement>.

⁽¹⁷⁾ Sobre la amenaza terrorista hay excelentes estudios que abarcan todas sus expresiones y toda su extensión y no es necesario incidir en estos aspectos. Como ejemplo de la importancia en la mayoría de las declaraciones sobre seguridad de los dirigentes y las organizaciones internacionales se hace referencia a la misma. Así, en el Concepto Estratégico de la OTAN adoptado en Lisboa se recalca en su punto 10: «*El terrorismo supone una amenaza directa a la seguridad de los ciudadanos de los países de la OTAN, y para la estabilidad y prosperidad internacionales en su sentido más amplio. Los grupos extremistas continúan propagándose hacia y en zonas de importancia estratégica para la Alianza, y la tecnología moderna incrementa la amenaza y el impacto potencial de los ataques terroristas; en particular si los terroristas fueran a adquirir capacidades nucleares, químicas, biológicas o radiológicas.*».

Terrorism poses a direct threat to the security of the citizens of NATO countries, and to international stability and prosperity more broadly. Extremist groups continue to spread to, and in, areas of strategic importance to the Alliance, and modern technology increases the threat and potential impact of terrorist attacks, in particular if terrorists were to acquire nuclear, chemical, biological or radiological capabilities.

trias, hospitales u otras instalaciones que disponen de material radiactivo, y su posible liberación, es creciente.

Los criterios operativos descritos para el empleo de un arma radiológica no son de aplicación en el caso de un empleo terrorista, que busca influenciar con sus acciones en un proceso generalmente político, con lo cual los daños biológicos directos son solo una parte de sus resultados deseados, y no la más importante. El efecto psicológico de los daños hereditarios y somáticos puede ser muy útil desde el punto de vista de crear terror en una población así, que en este caso, el material radiactivo es operacionalmente útil. Conocer en qué consiste el terrorismo nuclear es importante para adoptar las medidas de seguridad necesarias para evitarlo, por eso merece la pena dedicar un apartado a su explicación y específicamente a la opción más probable dentro de los tipos de terrorismo nuclear, la dispersión de material radiactivo.

■ Terrorismo nuclear y terrorismo radiológico

La diferenciación entre nuclear y radiológico⁽¹⁸⁾ se está extendiendo en los últimos años, por asimilación de terminología y de concepto del mundo anglosajón. Sin querer polemizar sobre el asunto y solo desde un punto de vista práctico, no es conveniente una diferenciación habitual de los términos para el estudio de los mismos. Hay que tener en cuenta por ejemplo, que puede suceder que un incidente a priori nuclear, como es una bomba *nuclear*, derive en un incidente *radiológico* si no se produce una detonación completa.

En la doctrina militar española se mantiene el término Nuclear que incluye todo lo relativo al material radiactivo, aunque en la doctrina de la OTAN, si bien se mantienen las dos opciones, se recomienda la utilización del término dividido *RN- Radiological and Nuclear*. En este trabajo se asumirá esta división aunque se hará referencia a las líneas comunes ya que es imposible una separación total de los conceptos.

Tipos de terrorismo nuclear

Se puede hablar de cuatro formas principales de terrorismo nuclear⁽¹⁹⁾:

- La detonación de un arma nuclear.
- La fabricación de un artefacto nuclear improvisado⁽²⁰⁾.
- El ataque a instalaciones nucleares o radiactivas.
- La dispersión deliberada de material radiactivo o exposición al mismo.

⁽¹⁸⁾ Se designa *nuclear* a los incidentes o actividades que incluyen material fisible capaz de detonar nuclearmente y *radiológico* al resto; a los que incluyen material nuclear no fisible y que no sería capaz de detonar nuclearmente.

⁽¹⁹⁾ Julio Ortega y René Pita. *Alcance del terrorismo nuclear*. Revista Atenea. Seguridad y Defensa. N° 22. Diciembre 2010.

⁽²⁰⁾ Comúnmente se emplean sus siglas en inglés: IND-Improvised Nuclear Device.

Las dos últimas serían las que con la división de los términos designaríamos como terrorismo radiológico mientras que las dos primeras serían las nucleares, ya que las consecuencias serían las de una explosión nuclear. Sin embargo, como se ha comentado con anterioridad, es muy importante tener en cuenta que una de las consecuencias de una detonación nuclear incompleta sería la dispersión del material radiactivo componente del arma o del artefacto⁽²¹⁾.

Además de estos cuatro tipos principales hay otras opciones que pueden definirse como terrorismo nuclear que son la *instigación de violencia nuclear entre estados con capacidad nuclear* y el *ciberterrorismo nuclear*.

La *instigación de violencia nuclear* entre estados es una opción difícil pero no descartable. Teniendo en cuenta que el número de estados nucleares es creciente y que las condiciones políticas de alguno de ellos no son las más deseables, se puede considerar como una amenaza en aumento. La organización o los estados instigadores tendrían que hacer creer a un estado que otro está realizando acciones contra él, y que son merecedoras de una respuesta nuclear. Considerando además los protocolos que cualquier país desarrollaría antes de que la escalada bélica alcanzara el carácter nuclear y las líneas de comunicación entre Estados, se pueden disminuir aún más las probabilidades de éxito de un intento terrorista de esta clase.

El *ciberterrorismo* es una de las amenazas que está adquiriendo un mayor protagonismo en los últimos tiempos ya que la dependencia de nuestra sociedad de los sistemas informáticos nos hace vulnerables y exige un esfuerzo en la seguridad de los mismos⁽²²⁾. En el campo nuclear tenemos un reciente ejemplo

⁽²¹⁾ En inglés se emplea el término *fizzle* para indicar que no se ha producido la detonación nuclear de manera completa. Esta situación es probable cuando se produce un diseño erróneo del arma o cuando el arma nuclear no se detona en las condiciones adecuadas, y no se desarrolla la cadena de ignición como está diseñada. Teniendo en cuenta las condiciones de los IND salvo que el grupo terrorista posea un alto *know-how* de diseño y fabricación es probable que se produzca este hecho. Asimismo un arma nuclear tiene una serie de seguros llamados *PAL- Permission Activation Locks*, que dificultan su activación, por lo que un grupo terrorista que adquiriese un arma ,debería conseguir «sobrepasar» estos seguros para lograr una detonación nuclear efectiva; sino podría no lograr la detonación nuclear o solamente lograría una potencia de detonación muy inferior.

⁽²²⁾ Así se recoge en el Concepto Estratégico de la OTAN aprobado en Lisboa en el punto 12: «Los ciberataques están siendo cada vez más frecuentes, más organizados y más costosos en el daño que infligen a las administraciones públicas, las empresas, las economías y, potencialmente, también al transporte, las redes de suministro y otras infraestructuras críticas; pueden llegar hasta un umbral que amenace la prosperidad, la seguridad y la estabilidad nacional y Euro-Atlántica. Los ejércitos y servicios de inteligencia extranjeros, el crimen organizado, los terroristas y/o los grupos extremistas pueden ser cada uno la fuente de tales ataques».

«Cyber attacks are becoming more frequent, more organised and more costly in the damage that they inflict on government administrations, businesses, economies and potentially also transportation and supply networks and other critical infrastructure; they can reach a threshold that threatens national and Euro-Atlantic prosperity, security and stability. Foreign militaries and intelligence services, organised criminals, terrorist and/or extremist groups can each be the source of such attacks».

de cómo los sistemas informáticos que se emplean en la gestión de los procesos pueden ser atacados para incluso llegar a provocar un incidente nuclear. El caso del supuesto ataque ciberterrorista a Irán, puede considerarse como la llamada de atención de lo que podría depararnos el futuro. Irán admitió inicialmente que había sufrido un ataque en los sistemas que controlan las enriquecedoras de uranio iraníes y la central nuclear de Busher, si bien había sido controlado⁽²³⁾. Expertos informáticos declararon que se trató de un ataque por un *malware*⁽²⁴⁾ (sin entrar en detalles informáticos un tipo de virus) que afectaba a cierto sistema informático industrial de la empresa alemana Siemens que afecta a convertidores de frecuencia que se encuentran en las centrifugadoras del programa nuclear iraní⁽²⁵⁾. Según el mismo experto, los cambios de velocidad en la rotación que se provocarían, podrían incluso llegar a dañar físicamente los rotores de las centrifugadoras de uranio, aunque no es posible confirmar el alcance de los daños previsiblemente sufridos en la planta. Las conjeturas sobre su origen se han disparado, llegando incluso a señalarse a Israel y EE.UU. como los responsables del ataque⁽²⁶⁾, a pesar de que las autoridades iraníes negaran posteriormente que el hecho hubiera sucedido⁽²⁷⁾. En cualquier caso, este incidente demuestra que los sistemas informáticos que gestionan los reactores nucleares y otras instalaciones deben estar bien protegidos ante ataques externos que podrían poner en peligro la estabilidad de los mismos.

El mayor exponente de este tipo de terrorismo sería un ataque que permitiese hacerse con el control del armamento nuclear de un Estado, pudiendo acceder, por ejemplo, a las consolas de lanzamiento de misiles estratégicos. Otra táctica –aunque más compleja y relacionada con la posibilidad anteriormente mencionada– consistiría en engañar al sistema para hacerle creer que se está recibiendo un ataque nuclear para provocar la respuesta. Si bien es cierto que la existencia de medidas de seguridad redundantes en diversos sistemas, así como medidas físicas, dificulta este tipo de terrorismo nuclear a través de acciones de ciberterrorismo, no se debe descartar totalmente esta posibilidad.

Una vez conocidas las formas de terrorismo nuclear, observamos como existe un consenso generalizado en que la posibilidad más probable dentro de las opciones la constituye el terrorismo radiológico, siendo hasta cierto punto un

⁽²³⁾ Declaraciones del presidente Ahmadinejad <http://www.france24.com/en/20101129-iran-admits-uranium-enrichment-hit-malware> Consultado el 12 de febrero de 2011.

⁽²⁴⁾ *Malware* es la abreviatura de «Malicious software» (software malicioso), término que engloba a todo tipo de programa o código de computadora cuya función es dañar un sistema o causar un mal funcionamiento. De <http://www.infospware.com/articulos/que-son-los-malwares/> Consultado el 10 de febrero de 2011.

⁽²⁵⁾ ALBRIDGH D. y ANDREA S. *Stuxnet worm targets automated systems for frequency converters Are Iranian centrifuges the target?* Institute for Science and International Security Report. 17 de noviembre de 2010.

⁽²⁶⁾ <http://www.nytimes.com/2011/01/16/world/middleeast/16stuxnet.html?ref=science> Consultado el 10 de febrero de 2011.

⁽²⁷⁾ <http://www.reuters.com/article/2010/09/26/us-iran-cyber-bushehr-idUSTRE68P-1TA20100926> Consultado el 11 de febrero de 2011.

desconocido; como generalmente lo es todo lo relacionado con la radiactividad. Unido a que la radiación no es detectable por los sentidos, es este desconocimiento generalizado el que hace que en ocasiones se sobredimensione la amenaza e incluso se facilite el juego a los terroristas. Por ejemplo, si no se tomaran acciones coherentes, sin magnificar los daños tras un ataque terrorista con material radiactivo y no se explicara a la población adecuadamente la situación y los peligros potenciales, se contribuiría a la acción desestabilizadora y propagandista del atentado terrorista. Vamos a tratar de contribuir a disminuir ese desconocimiento explicando en qué consiste el terrorismo radiológico, que es bastante similar al empleo como armamento de material radiactivo.

- *Dispersión deliberada de material radiactivo o exposición al mismo*

La forma más fácil de emplear material radiactivo como arma para fines ilícitos es su liberación directa al ambiente, por lo que es la opción de terrorismo nuclear que más grupos terroristas se han planteado⁽²⁸⁾. El efecto psicológico supera a los daños biológicos que este tipo de atentados puede producir, siendo también muy importantes los efectos económicos derivados de la contaminación de una zona de terreno y la interrupción de los servicios y actividades que conlleva.

Según la forma física del material radiactivo del que disponga el grupo terrorista y del objetivo que busque, se pueden realizar diferentes variantes:

- Artefacto de *Dispersión Radiológica Explosivo*.
- Artefacto de *Dispersión Radiológica No Explosivo*.
- Artefacto de *Exposición Radiológica*

Los artefactos de dispersión radiológica, se designan habitualmente como RDD, de las siglas en inglés de **Radiological Dispersal Device**. La diferencia de mecanismo de dispersión del material hace que se distinga entre explosivo y no explosivo, aunque el material radiactivo sea generalmente el mismo. En ambos se emplearía un material en forma líquida o en polvo, para que se disperse bien, logrando que la zona contaminada sea mayor.

Los **explosivos** son los que se conocen como **Bombas Sucias** (Dirty Bombs), aunque es muy común la confusión de identificar a todos los RDD como bombas sucias. En este tipo, aparte de explosivo convencional, se puede emplear material inflamable para generar un incendio y humos que eleven el material radiactivo, aumentando así la dispersión. El uso de un material radiactivo sólido de cierta dureza o resistencia, generalmente metálico en un RDD explosivo, supondría la dispersión de trozos de tamaños variables que generarían «puntos calientes» de radiación pero no una auténtica dispersión.

⁽²⁸⁾ René Pita y Oscar Nogués, *La Inteligencia NBQ: la amenaza del terrorismo nuclear*. INTELIGENCIA Y SEGURIDAD: REVISTA DE ANÁLISIS Y PROSPECTIVA. NÚM. 6 Pág. 165. JUNIO-NOVIEMBRE 2009.

Los *artefactos no explosivos* emplearían medios mecánicos para liberar el material radiactivo, aprovechando para su dispersión corrientes de aire, instalaciones de ventilación... Su diseminación aprovechando las condiciones atmosféricas locales ha hecho que se designen como RDD atmosféricos en diversas publicaciones. Si bien este término no es incorrecto, la diseminación del material radiactivo de los explosivos también está influenciada por las condiciones atmosféricas, aunque la fase inicial de la dispersión la realice el material explosivo.

Los *artefactos de exposición radiológica* se conocen también por sus siglas en inglés RED –Radiological Exposure Device–. El procedimiento terrorista sería el de situar una fuente radiactiva encapsulada o sólida, no dispersable, en un punto para que la radiación afecte a las personas. El tipo de radiación del material debería ser preferiblemente gamma, rayos X o neutrones, ya que si fuera alfa o beta el emisor debería situarse muy cerca del objetivo. En cambio, en el caso de los RDD sí que es posible un empleo de emisores alfa y beta, ya que se va a producir contaminación del objetivo e incluso contaminación interna de las víctimas. El tiempo de exposición de cada víctima determinará los daños biológicos que sufran, por lo que los terroristas deben calcular y pensar cuál es el nivel de daño que quieren lograr en el momento de planeamiento del atentado. Una opción podría ser un atentado indiscriminado, en un punto de paso público, en el que es probable que nadie sufriera una gran cantidad de radiación. En cambio se podría realizar un atentado contra un objetivo puntual situándole una fuente durante largo tiempo para que sufriera efectos deterministas.

Los radioisótopos que pueden emplearse en la fabricación de un RDD son muchos, la elección dependerá de las características físicas, de la capacidad para su dispersión, del riesgo radiológico y de la capacidad de obtención de la misma. Hay pocas fuentes de la mayor categoría de riesgo según la clasificación del Organismo Internacional de la Energía Atómica de cinco grupos según su grado de peligrosidad⁽²⁹⁾, y tienen mayores medidas de seguridad y control⁽³⁰⁾. Por lo tanto, la obtención de cantidades bajas de material radiactivo de bajo riesgo es relativamente fácil para una organización terrorista, especialmente en países en desarrollo, ya que hay cientos de fuentes de este tipo en España y millones en el mundo. Pero los efectos físicos, como se ha señalado, que se obtendrían con la dispersión serían realmente bajos. Sería mucho mayor la mera amenaza de su empleo⁽³¹⁾ o el efecto psicológico, social y económico.

⁽²⁹⁾ Esta categorización se basa en un cálculo con la actividad de la fuente y la actividad que potencialmente podría causar efectos deterministas.

⁽³⁰⁾ Según RD 229/2006 Control de fuentes de alta actividad y fuentes huérfanas.

⁽³¹⁾ Como ejemplo de amenaza está la colocación de una «bomba sucia» en un parque de Moscú por terroristas Chechenos. Para más información de este asunto leer René Pita y Oscar Nogués, La Inteligencia NBQ: la amenaza del terrorismo nuclear. INTELIGENCIA Y SEGURIDAD: REVISTA DE ANÁLISIS Y PROSPECTIVA. NÚM. 6 Pág. 165. JUNIO-NOVIEMBRE 2009.

También se ha señalado, que ser conscientes de los efectos físicos potenciales es fundamental a la hora de la actuación en situaciones de emergencia o respuesta a atentados radiológicos, siendo esencial la formación de los servicios de emergencia y los directores de las mismas. A esta línea de defensa, que podríamos considerar como la última capa de respuesta al terrorismo nuclear, se le está dando mayor importancia en la actualidad en otros países, ya que contribuye significativamente a limitar los efectos de una acción terrorista.

■ Otros escenarios

Existen otros dos escenarios que implican un riesgo radiológico, tanto para el personal militar como para los civiles: los accidentes nucleares y radiológicos y los asesinatos con material radiactivo. No analizaremos los accidentes fruto de las prácticas habituales de uso o las emergencias por causas naturales, sino los que se podrían producir en situaciones de conflicto o gestión de crisis. Respecto a los asesinatos con material radiactivo hay que tenerlos en cuenta porque ya se han producido, y además aunque sean selectivos implican que se libere material radiactivo sin control generalmente en una zona habitada.

- *Accidentes nucleares y radiológicos producidos en combate*

La realización de las operaciones militares en un entorno eminentemente urbano conlleva a que la posibilidad de liberación de material radiactivo de manera fortuita, asociado al mayor número de fuentes, crezca. En zonas de conflicto o de grave crisis, los organismos reguladores, los responsables de las instalaciones radiactivas y las autoridades de control pueden desaparecer o ser inefectivas, por lo que nuestras fuerzas se podrán encontrar con fuentes huérfanas⁽³²⁾ o instalaciones radiactivas dañadas o no. Estos escenarios suponen un riesgo para las fuerzas militares o para organizaciones de gestión de crisis que deben protegerse adecuadamente.

Un adecuado análisis de riesgos, el reconocimiento radiológico de instalaciones susceptibles de contener material radiactivo y la adopción de medidas de protección, como evitar en la medida de lo posible dichas instalaciones, son eficientes para evitar la exposición ante el material radiactivo. En último término, la dosimetría operacional y la utilización de detectores portátiles permitirán reducir la dosis recibida por el personal militar. Hay que tener en cuenta

⁽³²⁾ *Fuente huérfana*: Fuente encapsulada cuyo nivel de actividad en el momento de ser descubierta es superior al valor de exención establecido en las tablas A y B del anexo I del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas y en la Instrucción IS/05 del Consejo de Seguridad Nuclear, y que no esté sometida a control regulador, sea porque nunca lo ha estado, sea porque ha sido abandonada, perdida, extraviada, robada o transferida a un nuevo poseedor sin la debida notificación a la autoridad competente, o sin que haya sido informado el receptor.

REAL DECRETO 229/2006, de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas BOE N° 50 de 28 de febrero de 2006.

que en ninguno de los accidentes con material radiactivo sucedidos en España se han producido dosis significativas para el personal una vez detectada la fuente radiactiva o el suceso iniciador.

En el caso de incidentes nucleares las consecuencias pueden ser muy superiores y la dificultad en la gestión también. Se puede hacer un paralelismo con los graves sucesos que en el momento de la redacción de este documento se estaban produciendo en la central nuclear de Fukushima, Japón, donde varios reactores se encuentran en dificultades y emitiendo material radiactivo. Un ataque masivo sobre una instalación nuclear podría llegar a dañar gravemente los elementos de control y provocar una situación grave. En cualquier caso existen ya planes de la Organización Internacional de la Energía Atómica y otras instituciones previstas para situaciones de emergencia que superen las capacidades nacionales que podrían aprovecharse para estas situaciones.

Los daños indirectos derivados de las acciones militares deberían minimizarse, con una concienciación de la gravedad de los hechos que se pueden producir por un daño no deseado. Además, como existe una normativa de protección del medio ambiente se encuentran protegidas estas instalaciones⁽³³⁾, no pudiendo ser señaladas como blanco siempre que sean de carácter civil.

- *Asesinatos selectivos con material radiactivo*

En noviembre de 2006 se produjo el asesinato de Alexander Litvinenko, envenenado con Polonio 210. Este caso demuestra que se puede emplear material radiactivo para matar a una única persona seleccionando adecuadamente el radioisótopo y el método. No se puede considerar como dentro de las armas de destrucción masiva, ya que es un empleo muy específico de material radiactivo, pero supone un desafío para las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y los servicios de emergencia e intervención, y refleja cómo un actor puede emplear estos materiales como armas radiológicas selectivas.

■ CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las restricciones tecnológicas y operativas no parece probable que ningún estado emplee armas radiológicas en un conflicto convencional. Si además tenemos en cuenta que si lo hiciera de una manera indiscriminada, estaría muy probablemente incurriendo en un delito «contra la humanidad», la posibilidad de empleo disminuye.

A priori, no parece necesaria ninguna ampliación del marco legal internacional en derecho de la guerra y humanitario para prohibir específicamente este uso.

⁽³³⁾ OR7-004 TOMO III (2ª Edición). *El derecho en los conflictos armados*. MADOC. 2007. P G-3-4.

Una opción de futuro sería concretar un protocolo adicional para la prohibición del armamento radiológico, pero se encontraría con ciertas dificultades técnicas. La principal sería la definición de arma radiológica, al existir proyectiles que incluyen cierto material radiactivo pero cuya finalidad no es producir daños por la radiactividad, como por ejemplo los proyectiles de uranio empobrecido. La definición de arma radiológica tomando como referencia valores de tasa de dosis o actividad superior a un límite mayor que el de un isótopo natural podría ser una opción, aunque podría llegar a provocar vacíos legales. Por lo tanto sería mejor una definición cualitativa teniendo en cuenta la finalidad y el carácter indiscriminado del arma. En cualquier caso, no existen datos de que ningún estado contemple en sus programas de armamento estos dispositivos, por lo que se podría continuar con la situación actual sin problemas observables, salvo de carácter ilícito no estatal.

Así, se señala el terrorismo nuclear como una de las mayores amenazas por su capacidad de destrucción física, su efecto psicológico, su impacto económico y político y su incalculable valor coercitivo y propagandístico. Pero no conviene sobredimensionar la amenaza ya que la dificultad de materializar un atentado nuclear es muy alta. Desde la obtención del medio a la ejecución del mismo existe un camino muy complicado, diferente dependiendo del tipo elegido por los terroristas, en el que no es complicado que se descubra el complot⁽³⁴⁾. En los mismos, la colaboración de personal de una instalación para la obtención de material nuclear y radiactivo o para facilitar el acceso a las mismas, conocidos como «insider», se puede considerar como esencial para la realización del atentado, ya que las medidas de seguridad en el campo de la energía nuclear son muy altas. Esta es una de las amenazas que hay que controlar y tener en cuenta en el planeamiento de la seguridad nuclear⁽³⁵⁾.

España participa activamente en las iniciativas internacionales para combatir el terrorismo nuclear, siendo destacable que España asumió la responsabilidad a través del Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación, del Grupo de Ejecución (IAG)⁽³⁶⁾ de la Iniciativa Global para Combatir el Terrorismo Nuclear (GICNT)⁽³⁷⁾ desde junio de 2010; de finalidad fundamentalmente técnica para coordinar eficazmente las medidas de esta iniciativa. Es muy importante que todas las instituciones se involucren en todo tipo de iniciativas, ya que todas las medidas contra el terrorismo nuclear son multidisciplinarias.

⁽³⁴⁾ BUNN, M. «*Securing the bomb 2010*». Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge 2010. P-8.

⁽³⁵⁾ MATISHAK M. «Cables Document Attempts to Smuggle Nuclear, Radiological Materials». Global Security Newswire. 9 de febrero de 2011. Disponible en http://gsn.nti.org/gsn/nw_20110209_9147.php. Consultado el 9 de febrero de 2011.

⁽³⁶⁾ Implementation and Assessment Group.

⁽³⁷⁾ Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism.

■ BIBLIOGRAFÍA

- BUNN, M. «*Securing the bomb 2010*». Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge 2010.
- BURCHAM W. E. «*Física Nuclear*». Barcelona, Editorial Reverté. 2003.
- CASSEL C., McCALLY M., ABRAHAM H. *Nuclear Weapon and Nuclear War*. Praeger Publishers. New York, 1984.
- COOPER J., RANDLE K., SOKHI. R. *Radioactive Releases in the environment. Impact and assessment*. John Wiley & Sons. Chichester (UK) 2003.
- FREEDMAN L. *La evolución de la estrategia nuclear*. Ministerio de Defensa. Madrid, 1992.
- GLASSTONE Samuel and DOLAN Philip J. *The Effects of Nuclear Weapons*. Third Edition. United States Department of Defence and the Energy Research and Development Administration. Washington 1977.
- KNOLL G. F. *Radiation Detection and measurement*. Third Edition. John Wiley & Sons. Chichester (UK) 1999.
- LEVÍ M. *On nuclear terrorism*. Harvard University Press. Londres, 2007.
- MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA DEL EJÉRCITO DE TIERRA. El derecho internacional de los conflictos armados. 2ª Edición. TOMOS I, II y III. Granada, 2007.
- MARTIN J. E. *Physics for Radiation Protection*. John Wiley & Sons. Chichester (UK) 2000.
- REMIRO BROTONS A. y OTROS. *Derecho internacional*. Tirant Lo Blanch. Valencia, 2007.
- ROJAS-PALMA C. y OTROS. *TMT handbook. Triage, Monitoring and Treatment of people expose to ionizing radiation following a malevolent act*. Lobo Media AS. Noruega, 2009.