

1. Introducción

1.1 Avances desde la primera edición

Han transcurrido treinta años desde que la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó el informe de 1970 *Health aspects of chemical and biological weapons (Aspectos de la salud en las armas químicas y biológicas)* (1) y durante este periodo se han presentado cambios significativos. Del lado negativo, hubo uso a gran escala del gas mostaza y de los gases nerviosos en la guerra Irán-Irak; el uso, según informes, de estos agentes por parte del gobierno iraquí contra sus propios ciudadanos, siendo el ataque más notorio el de Halabjah en marzo de 1988¹, y el uso de sarín en dos ocasiones (en 1994 y en 1995) por parte del culto religioso Aum Shinrikyo en sitios públicos de Japón, incluso en el metro de Tokio. Este culto también anunció el uso de armas biológicas, anuncios que, afortunadamente, no se cumplieron. La diseminación de esporas de ántrax a través del servicio postal de los Estados Unidos en 2001, con la muerte de cinco personas, ha aumentado aún más los temores ante el bioterrorismo. Del lado positivo, la Convención sobre Armas Biológicas (CAB) y la Convención sobre Armas Químicas (CAQ) entraron en rigor en 1975 y 1997, respectivamente, y la *Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW)* (Organización para la Prohibición de Armas Químicas) ha iniciado su trabajo de supervisión de la destrucción de las reservas y fábricas de armas químicas, incluso las de la Federación Rusa y las de Estados Unidos, y la vigilancia de la industria química mundial para prevenir un eventual uso indebido. Por tanto, se han eliminado por ahora las inmensas amenazas biológicas y químicas que existieron durante la Guerra Fría para grandes grupos de población de Europa y Asia, cuando había enormes reservas de armas químicas y planes activos para una confrontación bélica continental con armas biológicas. Estos y otros avances, tanto técnicos como políticos, durante este periodo originaron la necesidad de una revisión. El resultado ha sido esta segunda edición.

Técnicamente, se han logrado avances ulteriores en líneas previamente establecidas más que conceptos totalmente novedosos. Los agentes más importantes de la guerra química y biológica todavía incluyen algunos de los reseñados en la edición de 1970. Se han escuchado rumores sobre la existencia de gases nerviosos más potentes que el VX o el VR, pero el desarrollo más importante en las armas químicas ha sido la “munición binaria”, en la cual las etapas finales de síntesis del agente a partir de sus precursores se lleva a cabo en la bomba, proyectil u ojiva inmediatamente antes o durante su disparo al blanco seleccionado. Para las armas biológicas, las técnicas de modificación genética prefiguradas desde 1972 por el primer ADN “recombinante” desarrollado en el laboratorio, así como otros avances en biología molecular, parecen ofrecer posibilidades de producción de nuevos agentes para la guerra biológica. La accesibilidad de los agentes biológicos en una escala militarmente significativa se ha visto sustancialmente incrementada por los avances en microbiología industrial y su mayor uso en todo el mundo.

El año de 1970 fue crucial en los intentos legales internacionales para tratar con el problema de las armas biológicas y químicas. Después de la declaración pública de los Estados Unidos en 1969, renunciando al uso de las armas biológicas, la conferencia multilateral para el desarme reunida en

¹ Afirmación del Secretario General de las Naciones Unidas ante la Asamblea General el 12 de octubre de 1998, documento A/C.1/53/PV.3, 3–5.

Ginebra, entonces llamada la Conferencia del Comité para el Desarme (*Conference of the Committee on Disarmament*), decidió considerar por separado las armas biológicas y las armas químicas; previamente se habían considerado conjuntamente, como aparece en el Protocolo de Ginebra de 1925 que prohíbe su uso. A partir de ese momento, la Conferencia empezó a trabajar en una convención para prohibir el desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas biológicas, dejando para más tarde la consideración de un tratado de contrapartida sobre armas químicas. El resultado, la Convención sobre Armas Biológicas y Toxinas (CAB) (*Biological and Toxin Weapons Convention, BWC*), quedó dispuesto para su firma en 1972 y entró en vigencia tres años después. Las preocupaciones sobre la continua amenaza de la guerra biológica, acentuadas por las revelaciones hechas a comienzos de la década sobre los programas de armas biológicas de la antigua Unión Soviética y de Irak, hizo que los Estados partícipes establecieran un grupo *ad hoc* con el mandato de negociar un protocolo que reforzara la CAB, especialmente por medio de mecanismos encaminados a asegurar la adhesión a la misma, que incluía la verificación. El trabajo en el protocolo se suspendió a finales de 2001.

La conferencia sobre desarme de Ginebra intensificó sus esfuerzos en torno al problema de las armas químicas en la década de 1980 y sometió la versión completa del tratado sobre desarme químico a la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1992. En contraste con el tratado sobre armas biológicas, la Convención sobre la Prohibición de Armas Químicas (CAQ) (*Convention on the Prohibition of Chemical Weapons, CWC*) contenía disposiciones elaboradas para su verificación, que operaría a través de una nueva organización internacional, la OPCW, con sede principal en La Haya. La CAQ quedó dispuesta para su firma en 1993 y entró en vigencia cuatro años más tarde.

La amenaza del uso de armas biológicas y químicas por parte de las fuerzas armadas de los Estados ha cambiado claramente desde el informe de 1970 y, actualmente, es una preocupación especial en regiones del mundo donde los Estados todavía no han adherido a las dos Convenciones. Además, el riesgo de que entidades no estatales puedan usar tales armas continúa siendo una posibilidad. Por consiguiente, la vigilancia y la preparación para reaccionar efectivamente siguen siendo importantes, como lo son los medios de respuesta rápida por parte de la comunidad internacional. Se pretende que esta nueva edición sea una contribución a ese esfuerzo.

1.2 Origen y propósito del presente informe

La primera edición se originó en una solicitud de la Secretaría General de las Naciones Unidas al Director General de la Organización Mundial de la Salud en enero de 1969 para que se uniera a un grupo de expertos que, entonces, se estaba estableciendo con el fin de preparar un informe para las Naciones Unidas sobre las armas biológicas y químicas y los efectos de su posible uso. Este informe se completó oportunamente y se dio a conocer en julio de 1969 (2). Se basó en el documento entregado por la OMS preparado por un grupo de consultores nombrados por el Director General, que incluía consultores de dos organizaciones no gubernamentales dedicadas al estudio del tema, a saber Pugwash² y el *Stockholm International Peace Research Institute*, SIPRI (Instituto de Investi-

² Las Conferencias Pugwash sobre Ciencia y Asuntos Mundiales (*Pugwash Conferences on Science and World Affairs*) es una organización internacional de científicos, a la cual se le otorgó el premio Nobel de la Paz en 1995: sus intereses han incluido, desde la década de 1950, tópicos de la guerra biológica y química (3).

gación sobre la Paz Internacional de Estocolmo)³. Poco tiempo después, la vigésima segunda Asamblea Mundial de la Salud, en la resolución WHA22.58, le solicitó al Director General continuar con el trabajo (5). El resultado, que amplió el original sometido a las Naciones Unidas, se convirtió en el informe de la OMS de 1970.

Desde entonces, la OMS ha dado los pasos necesarios para mantenerse informada de los avances de relevancia. En la cuadragésima Asamblea Mundial de la Salud de 1987, el tema de la guerra química fue sometido a consideración y referido a la Junta Directiva, la cual, en su sesión ochenta y una de enero de 1988, mencionó un informe del Director General titulado *Effects on health of chemical weapons*, basado en un estudio que actualizaba partes del informe de 1970 (6). La información sobre los efectos en la salud de las armas químicas y la disponibilidad de tal información fue entonces revisada por un Grupo de Trabajo del 7 al 9 de febrero de 1989 (7).

En vista de la necesidad de responder, por mandato del Artículo 2(d) de la Constitución de la OMS, a las emergencias que pudieran causar las armas biológicas, la OMS estableció contactos hacia finales de 1990 con el Departamento Federal Suizo de Relaciones Extranjeras. En esa época existía preocupación sobre la falta de preparación para responder a las consecuencias de cualquier ataque eventual con armas de destrucción masiva, especialmente con armas biológicas, contra la población civil durante las operaciones militares en Kuwait. Esto condujo a la colaboración entre la OMS y la Ayuda Humanitaria Suiza del Departamento Federal de Relaciones Exteriores, Suiza, y el posterior establecimiento de la Fuerza de Trabajo Escorpión (*Task Force Scorpio*), un equipo de especialistas adecuadamente equipado y entrenado para desplazarse a un área afectada por ambulancia aérea en un corto plazo (8). En un ámbito más general, a medida que el público ha ganado conciencia sobre la posibilidad de que se liberen agentes biológicos o químicos con fines hostiles, la OMS ha centrado su atención en la información que sobre el tema se encuentra disponible para las autoridades de salud pública de los Estados Miembro. El Departamento Federal Suizo de Relaciones Exteriores ha continuado brindando apoyo a los esfuerzos de la OMS en el campo biológico-químico, incluso el apoyo financiero para la presente publicación.

En mayo de 2001, la quincuagésima cuarta Asamblea Mundial de la Salud, en la resolución WHA54.14, le solicitó al Director General «brindar apoyo técnico a los Estados Miembro para el desarrollo o el fortalecimiento de las actividades de preparación y respuesta contra los riesgos representados por los agentes biológicos, como una parte integral de los programas de manejo de emergencias» (9). Un año más tarde, en la resolución WHA55.16, la Asamblea le solicitó al Director General «continuar con la expedición internacional de guías e información técnica sobre las medidas de salud pública recomendadas para afrontar el uso deliberado de agentes biológicos y químicos con el fin de causar daño» (10). Esta segunda edición del informe de 1970 se publica en respuesta a estas solicitudes de la Asamblea Mundial de la Salud.

El informe de 1970 consideró las armas biológicas y químicas desde el punto de vista técnico y de políticas. Se pretendía que sirviera no sólo a las autoridades de salud pública y médicas sino también a todos aquéllos involucrados en la respuesta a las emergencias por el uso real o sospechado de tales armas. Esta segunda edición pretende llegar a ese mismo público lector: los que diseñan las políticas del gobierno, las autoridades de salud pública, los miembros del área de la salud y

³ SIPRI, auspiciado por el Parlamento Sueco, estaba trabajando, entonces, en consulta con Pugwash, en su estudio de seis volúmenes de los aspectos históricos, técnicos, militares, legales y políticos del armamento y desarme de la guerra biológica y química (4).

sectores relacionados, especialmente quienes tienen que ver con el manejo de riesgos y sus consecuencias, y los consejeros especialistas. No todo el material de la primera edición se ha incluido en la segunda, y algunas de sus partes todavía pueden ser de interés para los especialistas.

El presente informe también considera, en el *Capítulo 5*, la CAB de 1972 y la CAQ de 1993, de las cuales es signataria la mayoría de los Estados Miembro de la OMS. Estas dos convenciones y su implementación en la legislación nacional constituyen una forma de protección contra las armas biológicas y químicas y, también, una guía para la ayuda internacional si, a pesar de todo, se usan tales armas.

1.3 Algunas definiciones de trabajo

Las definiciones de armas biológicas y químicas contenidas en la CAB y la CAQ se establecen en la *Sección 3.1.1* que aparece más adelante, en las páginas 20 a 22. Sin embargo, para los propósitos de este informe, se entienden como **armas biológicas** aquellas que alcanzan los efectos pretendidos por medio de la contagiosidad de microorganismos patógenos y otras entidades tales, incluso virus, ácidos nucleicos infecciosos y priones. Tales armas se pueden utilizar para atacar seres humanos, otros animales o plantas, pero este informe concierne primordialmente a los seres humanos.

Algunos de los agentes biológicos deben su capacidad patógena a sustancias tóxicas que ellos mismos generan. A veces, tales **toxinas** pueden aislarse y usarse como armas. Dado que sus efectos nocivos resultan no de su contagiosidad sino de su toxicidad, caen dentro de la definición de armas químicas que aquí se acoge, aun cuando también son armas biológicas según el significado de la CAB. Los microorganismos no son la única forma de vida que puede generar toxinas. En lo referente a toxinas, la CAB alude a sustancias tóxicas producidas por cualquier organismo vivo, aun cuando tales sustancias se produzcan realmente por otros medios, incluso la síntesis química. El presente informe le confiere este mismo significado a las toxinas, al mismo tiempo que reconoce que las toxinas también están incluidas en la CAQ.

Se consideran como **armas químicas** aquellas cuya eficacia se debe a la toxicidad de sus principios activos, es decir, su acción química sobre los procesos vitales al ser capaces de causar la muerte, la invalidez temporal o el daño permanente. También se pueden utilizar contra los seres humanos, otros animales o plantas, pero nuevamente anotamos que este informe se centra en sus efectos sobre los seres humanos. Las armas en las cuales productos químicos como los propulsores, los explosivos, los incendiarios o los generadores de cortinas de humo son los principios activos no se consideran armas químicas, aunque estos productos también pueden tener efectos tóxicos. Solamente si la producción de tales efectos tóxicos es el propósito pretendido del arma, se la puede considerar como un arma química. Algunos productos químicos tóxicos, como el fosgeno, el cianuro de hidrógeno y los gases lacrimógenos, se pueden utilizar tanto para propósitos no bélicos como para fines hostiles. En este último caso, también son armas químicas.

1.4 Estructura

La parte principal de este informe consta de seis capítulos y siete anexos con información técnica más detallada.

Los *Capítulos 2 y 3* describen la forma en que los agentes biológicos y químicos pueden poner en peligro la salud pública. Su propósito es la identificación de lo que es esencial en cualquier planificación para evitar o, por lo menos, mitigar las consecuencias de la liberación intencional de tales agentes.

En el *Capítulo 4*, se utilizan los principios estándar de manejo de riesgos para resumir los pasos que los Estados Miembro pueden tomar para enfrentar la posibilidad de una liberación intencional de agentes biológicos o químicos con el fin de causarle daño a su población. La intención es suministrar, no la guía detallada de un manual de operaciones, sino una revisión de los componentes de la preparación junto con una guía más detallada de las fuentes de información.

El *Capítulo 5* considera el papel que la ley nacional e internacional puede desempeñar en la planificación de los preparativos, que incluye su papel vital y potencial para la movilización de la ayuda internacional, mientras que el *Capítulo 6* identifica las fuentes disponibles para tal ayuda.

Bibliografía

1. *Health aspects of chemical and biological weapons: report of a WHO group of consultants.* Geneva, World Health Organization, 1970.
2. *Chemical and bacteriological (biological) weapons and the effects of their possible use: report of the Secretary-General.* New York, United Nations, 1969.
3. Perry Robinson JP. The impact of Pugwash on the debates over chemical and biological weapons. En: De Cerreño ALC, Keynan A, editors. Scientific cooperation, state conflict: the role of scientists in mitigating international discord. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1998, 866:224–252.
4. Stockholm International Peace Research Institute. *The problem of chemical and biological warfare.* Vols. 1–6. Stockholm, Almqvist & Wicksell, 1971–1975.
5. Twenty-second World Health Assembly, resolution WHA22.58, 25 July 1969.
6. World Health Organization Executive Board, report EB81/27, 10 November 1987.
7. *Report of a working group meeting on information concerning health effects of chemical weapons, Geneva, 7–9 February 1989.* Geneva, World Health Organization, 1989.
8. Steffen R et al. Preparation for emergency relief after biological warfare. *Journal of Infection*, 1997, 34(2):127–132.
9. Fifty-fourth World Health Assembly, resolution WHA54.14, 21 May 2001.
10. Fifty-fifth World Health Assembly, resolution WHA55.16, 18 May 2002.

2. Evaluación de la amenaza a la salud pública

La liberación intencional de agentes biológicos y químicos se encuentra entre las muchas emergencias o desastres a los cuales deben responder las autoridades de salud pública eventualmente. El reto para las autoridades de salud pública reside en establecer prioridades. ¿Qué prioridad darle a la preparación para enfrentar tales liberaciones en comparación con otras emergencias o desastres y las necesidades usuales de salud pública? Este capítulo brinda una introducción histórica a este problema y en el *Capítulo 3* se brinda una discusión más detallada de la evaluación de la amenaza.

2.1 Antecedentes

Los microorganismos venenosos y patógenos se encuentran entre los peligros naturales para la salud con los cuales los seres humanos están obligados a coexistir. Difíciles de percibir y, por tanto, de evitar, presentan una amenaza que es insidiosa y perjudicial o mortal. Los seres humanos han sobrevivido por adaptación, parcialmente fisiológica, como es el caso del desarrollo, en el curso de la evolución de los vertebrados, del sistema inmune, y parcialmente social, con el desarrollo de prácticas sanitarias individuales y públicas diseñadas para limitar la exposición a los peligros o para aliviar las enfermedades que causan.

Históricamente, los códigos de comportamiento profesional adoptados por los militares, que prohíben el uso de venenos y, por consiguiente, de la enfermedad, se pueden considerar como parte de la misma adaptación social. Desde las Leyes Manu de India hasta, por ejemplo, el código mahometano de guerra basado en el Corán, el Código Lieber de 1863 en los Estados Unidos y el Protocolo de Ginebra de 1925 (1), este tabú parece tan ampliamente distribuido, antiguo y específico que requiere ciertas explicaciones (2).

Las leyes internacionales relacionadas con la guerra biológica y química se analizan en el *Capítulo 5*, el cual describe cómo los tratados multilaterales de 1972 y 1993 sobre la prohibición total de las armas biológicas y químicas han profundizado dichas leyes. La preocupación subyacente a esa profundización respondía al hecho de que la proliferación y diseminación de las nuevas y poderosas armas era inminente en el marco de un sistema global de seguridad poco capaz de contener la desestabilización que podían generar. Las Naciones Unidas, casi desde su inicio, han hecho la distinción entre *armas convencionales* y *armas de destrucción masiva*. Las últimas se definen en términos de sus principios de operación y su poder de destrucción¹, pero la principal preocupación estaba en sus consecuencias, a saber, su potencial para causar devastación, muerte y enfermedad a las sociedades humanas en una escala incompatible con su supervivencia. En otras palabras, la tecnología de las nuevas armas podría estar generando amenazas a la humanidad que exigían mejores formas de protección, o sea, un fortalecimiento de la adaptación social ante nue-

¹ En septiembre de 1947, se definieron las armas de destrucción masiva en un documento del Consejo de Seguridad como «armas explosivas atómicas, armas de material radioactivo, armas letales químicas y biológicas y cualquier arma desarrollada en el futuro que tenga características comparables en efecto destructor a aquéllas de la bomba atómica o alguna otra de las antes mencionadas» (3). Estas palabras, propuestas por los Estados Unidos, las utilizaron posteriormente las Naciones Unidas para diferenciar las dos grandes categorías de armas con el fin de guiar su trabajo sobre el «sistema para la regulación de los armamentos» requerido bajo el Artículo 26 de la Carta de las Naciones Unidas. Nótese, sin embargo, que, como se describe en el *Capítulo 5*, la CAB y la CAQ no se limitan a las armas de destrucción masiva.

vos peligros. En enero de 1992, en su sesión de clausura el Consejo de Seguridad estableció que la “proliferación de todas las armas de destrucción masiva constituye una amenaza para la paz y la seguridad internacional”. Más aún, los 15 Estados Miembro del Consejo también se comprometieron a “trabajar para prevenir la diseminación de la tecnología relacionada con la investigación o producción de tales armas y a emprender las acciones apropiadas para tal fin” (4).

A lo largo de todo el mundo, la infraestructura de salud pública se emplea a fondo para enfrentar los peligros naturales para la salud. En 1998, una cuarta parte de los 53,9 millones de muertes en todo el mundo se produjo a causa de enfermedades infecciosas que, en los países en vías de desarrollo, eran responsables de una de cada dos muertes (5). Esto representa una gran amenaza para el desarrollo económico y el alivio de la pobreza. En un contexto tal, la amenaza adicional que representa para la salud pública de un país una enfermedad causada por armas biológicas o químicas constituiría sólo una ligera carga adicional a la ya existente. Sin embargo, una emergencia de este tipo también podría ser de tal magnitud que excediera la capacidad del sistema de salud para enfrentarla. En el caso de liberaciones intencionales (o amenazas de liberación) de agentes biológicos y químicos, se puede visualizar un espectro de amenaza que oscila entre esos dos extremos: uno de relativa insignificancia y otro de destrucción masiva. El lugar donde se localiza a lo largo de este espectro una amenaza biológica o química en particular estará determinado por las características del agente y la forma de utilizarlo, así como por la vulnerabilidad de la población amenazada, teniendo en cuenta factores tales como su estado de salud y grado de preparación. La posibilidad de una pandemia resultante de la liberación intencional o inadvertida de agentes infecciosos causantes de enfermedades contagiosas como la viruela, para las cuales pueden no estar disponibles medidas de higiene, profilaxis o terapia, es particularmente amenazante. En el evento de destrucción masiva, los remedios o medidas para afrontarla pueden estar más allá de los recursos de muchos países y, por consiguiente, disponibles, si acaso, únicamente a través de la cooperación internacional.

Existe alguna experiencia histórica sobre la posibilidad de tales catástrofes. Las fuerzas militares han utilizado armas biológicas o químicas sólo en contadas ocasiones. Más comunes han sido las acusaciones infundadas sobre su uso, lo cual refleja la dificultad de comprobar su efectiva utilización debido a la ausencia de información confiable que verifique tales episodios, o a la reacción emocional ante cualquier cosa relacionada con gases venenosos o armas biológicas, que tanto se presta para la calumnia y la desinformación. Es posible que la utilización esporádica de armas biológicas y químicas se haya dado, por lo menos, tanto como su proscripción. El veneno no es una novedad como arma de muerte y la contaminación deliberada, por ejemplo, de las reservas de agua es un expediente que las fuerzas en retirada a menudo deben haber encontrado atractivo. Sin embargo, sólo en tiempos recientes, debido a los avances de la tecnología, las armas biológicas y químicas se han desplazado del extremo de riesgo insignificante del espectro hacia el de la destrucción masiva.

2.2 Avances tecnológicos

El evento que marcó con mayor claridad el surgimiento de esta forma de confrontación bélica sucedió en Ypres, Bélgica, el 22 de abril de 1915, ocho meses después de iniciarse la Primera Guerra Mundial. De los países combatientes, sólo Alemania poseía la capacidad industrial necesaria para la licuefacción en gran escala de cloro gaseoso y a medida que avanzaba la guerra recurrió a esta ventaja comparativa como forma de sortear la guerra de trincheras que estaba inmovilizando

sus ejércitos en el campo de batalla y la escasez de explosivos ocasionada por el bloqueo naval enemigo. Se prefirió resolver estas necesidades militares y darle primacía a la doctrina legal alemana de *Kriegsraison*, desde entonces rechazada, contraponiéndola a la anterior prohibición del uso de sustancias venenosas en la guerra que se había reafirmado en La Haya menos de una década antes. Al atardecer de aquel 22 de abril, se liberaron al ambiente 180 toneladas de cloro líquido contenido en 5.730 cilindros a presión para que el viento transportara la nube resultante de vapor asfixiante hacia las líneas enemigas. Los registros disponibles son escasos, pero se dice que cerca de 15.000 soldados franceses, argelinos y canadienses fueron víctimas de este furioso ataque y que una tercera parte de ellos falleció. Las cifras reales pueden ser otras pero, cualesquiera que hayan sido, ésta fue la primera experiencia con un arma de destrucción masiva en la historia.

La emisión contaminó el aire, así que no era del todo imposible disponer de protección en forma de filtros de aire. Sin embargo, los primeros filtros contenían productos químicos que reaccionaban con el gas venenoso y fueron, por tanto, fácilmente inutilizados puesto que los agresores recurrieron a venenos de otra composición química, fundamentalmente fosgeno, o a dosis exageradas de aerosoles para consumir el reactivo contenido en el filtro. Se introdujeron, entonces, filtros mejorados, en los cuales el contaminante era adsorbido físicamente, como en los de carbón activado y los de papel que retenían partículas de los respiradores, o las “máscaras para gases”, que hoy en día continúan siendo la principal y más confiable medida en contra de los vapores o aerosoles. Hacia 1917, la creciente eficacia de las máscaras para gases había estimulado el desarrollo de productos químicos que pudieran atacar la piel o atravesarla; el ejemplo más notable fue un líquido oleoso conocido como el “gas mostaza”. Es más difícil proteger eficazmente la piel que los pulmones de personas en movimiento, pero para que sea eficaz, el ataque a la piel comúnmente requiere cantidades mucho mayores del agente que el ataque por inhalación, de tal manera que las armas son eficaces sobre un área sustancialmente más pequeña. El gas mostaza utilizado en clima cálido es una excepción a esta regla general, ya que aun sus vapores atacan la piel. Ésta es una de las varias razones por las cuales este agente químico en particular sigue constituyendo una amenaza hoy en día.

Otro adelanto en este sentido fue la utilización de métodos especiales para diseminar el agente seleccionado, capaz de sorprender a las poblaciones blanco antes de que se pudieran colocar las máscaras, resultado que se podía lograr disparando grandes concentraciones del agente mediante artillería pesada o, posteriormente, por bombardeo aéreo. Otra alternativa era el uso de dosis imperceptibles pero letales en aerosoles que, con el agente apropiado, podían propagarse a través de sistemas de rociado con el viento a favor o con generadores de aerosoles. Pero aun en tales casos se podía disponer de medidas de protección, algunas más eficaces que otras, pero, tomadas en conjunto, capaces hoy en día de anular el poder de destrucción masiva de las armas, por lo menos cuando se utilizan contra fuerzas militares. Una protección comparable en poblaciones civiles más grandes y menos disciplinadas sería mucho más difícil, pero no necesariamente imposible. Las medidas de protección pueden ser de los siguientes tipos: (i) médico (terapia y, para algunos agentes, profilaxis); (ii) técnico (respiradores que se puedan usar por muchas horas y equipos automáticos para la detección de agentes capaces de alertar prontamente sobre la necesidad de utilizar la máscara o de entrar a un refugio con aire acondicionado), y (iii) organizacional (sistemas de inteligencia especialmente desarrollados, procedimientos estándar de operación y entrenamiento). Más recientemente, se han incluido nuevos instrumentos en las leyes internacionales, especialmente en la CAB, la CAQ y el Estatuto de la Corte Criminal Internacional.

Por supuesto, persisten algunas vulnerabilidades, especialmente en países en donde la base económica y tecnológica no es capaz de brindar ni siquiera protección rudimentaria. Ésta es la razón por la cual, después de la Primera Guerra Mundial, la reaparición de armas químicas invariablemente ha sucedido en las regiones menos industrializadas del mundo, por ejemplo, Marruecos (1923–1926), Trípoli (1930), Sinkiang (1934), Abisinia (1935–1940), Manchuria (1937–1942), Vietnam (1961–1975), Yemen (1963–1967) e Irán/Irak (1982–1988) (6). En otros conflictos, especialmente en la Segunda Guerra Mundial, el amplio despliegue de protección antiquímica redujo el relativo atractivo de las armas químicas a favor de aquéllas para las cuales la protección era menos efectiva. Así, en esa confrontación no hubo un significativo uso estratégico ni operativo de armas químicas.

La vulnerabilidad no está ausente ni siquiera en situaciones en las cuales las mejores medidas de protección se encuentran disponibles. La lucha por la supremacía entre la ofensiva y la defensa, que caracterizó el desarrollo de la guerra química durante la Primera Guerra Mundial, continuó después de ella y la búsqueda de agentes novedosos fue una de las formas en que se expresó. Es así que se buscaron agentes capaces de inducir nuevos tipos de efectos fisiológicos con los cuales se pudiera obtener alguna ventaja militar, por ejemplo, agentes de baja letalidad que produjeran víctimas, los cuales prometían reducir los costos políticos de recurrir a las fuerzas armadas, o agentes que causaran efectos percutáneos más rápidos en las víctimas, de tal manera que las armas químicas se pudieran usar para minar el terreno y cerrarle el paso al personal sin protección. Por encima de todo, hubo una búsqueda de agentes con mayor potencia que permitieran el uso de sistemas de envío de armas más económicos y eficientes. Los productos químicos tóxicos que tienen dosis eficaces mensurables en decenas de miligramos por persona, por ejemplo el fosgeno y el cianuro de hidrógeno, fueron reemplazados en las décadas de 1940 y 1950 por inhibidores organofosforados de la acetilcolinesterasa («gases nerviosos»), que eran activos en cantidades de miligramos o menores, de forma que se necesitara mucho menos munición para atacar un blanco dado, confiriendo, por consiguiente, una ventaja logística. Los gases nerviosos más importantes y otros agentes nuevos de la guerra química se reseñan en el *Capítulo 3* y se describen en el *Anexo 1*.

En la escala de toxicidad, más allá de los gases nerviosos están ciertas toxinas, como las descritas en el *Anexo 2*, y en el rango de dosis eficaces de nanogramo y más pequeñas se encuentran las bacterias patógenas y los virus. A medida que el conocimiento de la microbiología y la diseminación por el aire de enfermedades infecciosas aumentaron rápidamente durante las décadas de 1920 y 1930, también se afianzó la idea de convertir en armas a los patógenos microbianos como una forma más poderosa de gas venenoso. Por la época de la Segunda Guerra Mundial, las armas biológicas de este tipo se estaban estudiando como un desarrollo natural de las armas químicas, aprovechando las mismas técnicas de diseminación y el mismo conocimiento de la física de las nubes, la meteorología y la dispersión aérea. Antes de que finalizara la segunda gran guerra, la factibilidad de la guerra aerobiológica se había probado en campos de ensayo de armamentos en Europa y Norteamérica, por lo menos. También hubo reportes sobre experimentos de campo en los cuales fuerzas invasoras habrían diseminado patógenos bacterianos desde aeronaves sobre áreas pobladas de China (7–8).

Pero otros aspectos de la guerra biológica también se estudiaban. La vulnerabilidad de los animales de tiro a la infección deliberada con enfermedades como el carbunco o el muermo fue explotada por los sabotadores durante la Primera Guerra Mundial en ataques encubiertos a los

sistemas de transporte relacionados con la guerra. Durante los años de entre guerra, a medida que la vulnerabilidad de las infraestructuras municipales a las incursiones aéreas se hacía cada vez más evidente, la idea de la diseminación de enfermedades contagiosas por medio del bombardeo de las instalaciones de salud pública (como las plantas de tratamiento del agua y el alcantarillado) atrajo mucha atención. Esto, a su vez, originó investigaciones sobre otras formas de iniciar deliberadamente la diseminación de enfermedades infecciosas. Una de las propuestas contemplaba crear focos de una enfermedad contagiosa que, luego, se diseminaría por sí misma a otras partes de la población objetivo que no estaban expuestas inicialmente al agente biológico en cuestión. Debido a las incertidumbres asociadas con la diseminación de la enfermedad, tal aproximación no se podía acomodar muy fácilmente a las doctrinas militares excepto en el contexto de ciertos tipos de operación clandestina o estratégica. En su selección de agentes biológicos que pudieran servir como armas o contra los cuales había que tomar precauciones, las directivas militares tenían la tendencia, por tanto, a dar mayor énfasis a enfermedades no contagiosas que a las contagiosas. En el contexto del terrorismo, sin embargo, el objetivo y la selección del agente pueden ser diferentes.

Durante la primera mitad de la Guerra Fría, los dos bandos de la confrontación de superpoderes acumularon arsenales de armas biológicas basados en éstas y otras aproximaciones, así como gases nerviosos y otras armas químicas. Después de 1970, los preparativos para producir armas biológicas parecen haber continuado únicamente en uno de los bandos. Los principales agentes biológicos que con razonable certeza se sabe habían entrado en el proceso de ser convertidos en armas durante la Guerra Fría se identifican en el *Capítulo 3* y se describen en el *Anexo 3*. Las armas biológicas desarrolladas van desde instrumentos para uso clandestino por fuerzas especiales hasta aquéllas diseñadas para grandes misiles guiados o bombarderos pesados capaces de generar inmensas nubes de aerosol plagadas con agentes vivos causantes de enfermedades contagiosas con el fin de impactar en blancos distantes de la retaguardia, o de enfermedades no contagiosas para blancos más cercanos. Entre éstas se encontraban armas biológicas que podían, en principio, producir bajas masivas mucho mayores que las de las armas químicas emuladas por sus progenitoras.

Parecía, entonces, que estaban emergiendo armas capaces de producir efectos comparables con el potencial destructor de las armas nucleares. Las pruebas realizadas en el mar entre 1964 y 1968, en ensayos a gran escala con armas aéreas capaces de expeler un chorro de aerosoles patógenos de una longitud de decenas de kilómetros, demostraron la capacidad de infectar animales de experimentación en tierra a lo largo de decenas de kilómetros en la dirección del viento. Se hacía posible, así, que con el vuelo de una sola aeronave, los habitantes en una zona de miles o decenas de miles de kilómetros cuadrados quedaran expuestos a la amenaza de sufrir una enfermedad. Al mismo tiempo, algunos asesores científicos militares ya anticipaban una nueva generación de armas químicas con un impacto comparable (9).

A pesar del amplio rango de estas armas, la historia demostraba que la guerra biológica y la guerra química, aunque ésta en menor medida, seguían siendo empresas perversas que raramente se daban, a pesar de la parafernalia desplegada durante la Guerra Fría.

Las armas diseñadas para grandes áreas, que aprovechaban el daño potencial de los agentes químicos o biológicos, dieron origen a nuevas categorías de objetivos, como las cosechas y el ganado. Para la época de la Segunda Guerra Mundial, se habían descubierto productos químicos

que eran tan tóxicos para las plantas como lo eran los gases nerviosos para las personas. Estos herbicidas, especialmente los derivados de los ácidos 2,4-dicloro- y 2,4,5-triclorofenoxiacético en preparaciones como el trioxono y el Agente Naranja, se utilizaron como armas en varias áreas de conflicto de África y el sureste de Asia durante el periodo de 1950 a 1975, algunas veces dirigidos contra cosechas y otras contra la vegetación de los bosques que pudieran servir de escondite. Ciertos patógenos de plantas y animales también fueron convertidos en armas. De hecho, algunas de las primeras armas antipersonales biológicas y de toxinas para áreas extensas se basaron en sistemas de diseminación originalmente concebidos para atacar la agricultura.

Puesto que el posible impacto en la salud pública de los agentes biológicos contra animales y plantas es indirecto, tales agentes y sus contrapartes químicas no se describen en detalle, pero no se debe subestimar el peligro que representan, particularmente los agentes biológicos, para la seguridad de los alimentos.

2.3 Avances científicos

El cambio tecnológico en la guerra biológica y química es el resultado de diversos factores como la competencia entre el arma y la protección contra ella y, también, de los nuevos requisitos del usuario a raíz de los cambios en la doctrina militar. Aunque de manera menos evidente, el cambio tecnológico también ha sido impulsado por los avances en las ciencias básicas en los que se fundamenta la tecnología. En la actualidad, el nuevo conocimiento en el campo de las ciencias de la vida se acumula tan rápidamente que ya son posibles cambios importantes en la naturaleza, la accesibilidad y la eficacia de las armas biológicas y químicas. La preocupación aumenta ante ciertas tecnologías no militares que surgen de la nueva ciencia y se difunden alrededor del mundo, ya que algunas de ellas, sobretodo la biotecnología, pueden tener un uso dual, es decir, también pueden servir para la guerra biológica y química. Es posible que a medida que retroceden los viejos imperativos armamentistas de la Guerra Fría, la amenaza de hecho no disminuya, pero también es infortunadamente cierto que la dualidad de la que hablamos hace que la amenaza parezca más grande.

El advenimiento de la ingeniería genética ofrece oportunidades para el mejoramiento de la salud humana y de la nutrición, aunque en principio también podría usarse para producir agentes biológicos y toxinas novedosas y quizás más agresivas en comparación con aquellas utilizadas en programas anteriores de armas. La capacidad para modificar más o menos a voluntad las propiedades genéticas de los organismos vivos podría permitir la inserción de nuevas características hereditarias en microorganismos, las cuales los harían más resistentes a las defensas disponibles, más virulentos o patógenos (10), mejor armados para resistir el estrés de un ambiente extremo o más difíciles de detectar con las pruebas de rutina. Al hacerlo, la experiencia muestra que es posible que se pierdan otras características necesarias del microorganismo, aunque quizás no sea así invariablemente.

La ingeniería genética también ofrece la posibilidad de hacer accesibles sustancias tóxicas de las cuales hasta el momento se disponía en cantidades muy pequeñas para su uso con fines hostiles. Por ejemplo, el hecho de que la tecnología recombinante se haya utilizado para insertar en microorganismos genes con un determinado número de toxinas no microbianas, que conducen a la expresión de toxinas, acerca la posibilidad de producirlas en gran escala.

Existen otras posibilidades agresivas, por ejemplo, se pueden desarrollar armas que causen daño en las poblaciones humanas por interrupción de las vías de señalización celular o por la modificación de la acción de genes específicos.

Dado el amplio rango y la variedad de los patógenos presentes en la naturaleza, no es evidente a primera vista porqué un programa de armas debiera desarrollarse a partir de un organismo modificado. No es siempre cierto tampoco que las nuevas biotecnologías necesariamente favorezcan la ofensiva y no la defensa. La vulnerabilidad a los agentes biológicos existe principalmente debido a la incapacidad actual para detectar a tiempo su presencia con el fin de protegerse adecuadamente. Los métodos de detección rápida basados en técnicas moleculares modernas se están desarrollando, aunque no está claro aún cuán sensibles, universales, rápidos y exactos puedan ser. Más aún, la necesidad de detectar ciertos agentes a concentraciones excesivamente bajas continúa imponiendo un requisito enorme de muestras de aire, aun cuando se utilice la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) u otros métodos de amplificación. Otras nuevas biotecnologías están transformando el desarrollo de vacunas y terapias, mientras que otras prometen alternativas inespecíficas a las vacunas. Un ejemplo que se debe mencionar aquí es el énfasis reciente para bloquear las vías patógenas que son comunes a muchos agentes infecciosos, como la producción exagerada de citocinas. Tales medidas pueden llegar a ser más importantes contra las infecciones naturales y las causadas intencionalmente porque son genéricas más que específicas para un patógeno en particular y porque es menos probable que los patógenos puedan evadirlas por medio de la mutación natural o artificial.

Aún así, en general quedan pocas dudas de que la difusión de la biotecnología avanzada y el acceso a la información en este campo ofrezca nuevas herramientas a cualquier país o grupo hostil que pretenda desarrollar un arma biológica (11–19).

2.4 Evaluación preliminar de la amenaza

Las evaluaciones y las prioridades ciertamente difieren de país a país, pero parece claro en lo que acabamos de relatar que los Estados Miembro prudentes deben tener dispuestas la organización y planificación mínimas para enfrentar la liberación intencional de agentes biológicos o químicos. Es cierto que la existencia de vulnerabilidad no significa necesariamente la presencia de una amenaza. Sin embargo, en la escala de amenazas mencionada anteriormente en este capítulo, algunas de las armas de bacterias o virus en aerosol de la Guerra Fría ya se han acercado al extremo de destrucción masiva. La catástrofe implícita en el alcance de tales armas no es la principal amenaza que debe preocupar a las autoridades de salud pública. Una lección del episodio aún no resuelto de “las cartas con ántrax” en los Estados Unidos (véase páginas 75 a 83, más adelante), es el estrago que se puede causar con la liberación de agentes biológicos más simples y a escalas mucho menores. Hay otra lección algo similar en el hecho de que el agente químico que hasta el momento ha figurado como el más común en las liberaciones intencionales en los Estados Unidos no ha sido algún gas nervioso mortal sino el ácido butírico, que produce mal olor. De tal manera que las autoridades de salud pública no se equivocan cuando plantean que la mayor preocupación se suscita en la amenaza de un ataque menor, y no a gran escala, con el uso de medios sencillos de liberación de agentes.

En este sentido, debe subrayarse la existencia demostrable de una restricción tecnológica cada vez mayor a medida que nos acercamos a ese extremo aún lejano de la destrucción masiva, pues cuanto más se busca una mayor eficacia del arma, mayores son las dificultades prácticas para lograrlo. En resumen, hay limitaciones técnicas inherentes que se deben tener en cuenta en la evaluación de la amenaza.

Consideremos, por ejemplo, algunos de los problemas que implica colocar el agente en el objetivo pretendido. Los materiales tóxicos o infecciosos se pueden diseminar a través del agua de consumo o de los alimentos pero, como se explica en el *Anexo 4*, se esperaría que sus efectos permanecieran localizados, a no ser que los elementos contaminados fueran de amplia distribución o que algunos de los agentes biológicos utilizados lograran desencadenar una enfermedad contagiosa. De otra forma, los efectos a gran escala son posibles si los materiales se dispersan en forma ya sea de vapor o de nube de aerosol de gotas líquidas o partículas sólidas que puedan, entonces, inhalarse. Este tipo de ataque está sujeto a la incertidumbre. La dispersión del agente vaporizado en aerosol hacia y a través del blanco sería atmosférica, produciendo un desplazamiento tanto lateral como vertical del agente, lo que, seguramente, impediría que una gran parte dé en el blanco. La velocidad de dispersión varía mucho según la estabilidad de la atmósfera y la dirección del desplazamiento depende de las condiciones meteorológicas y de la topografía local. Si el aerosol o el vapor se libera en espacios cerrados en vez de a cielo abierto, el resultado puede ser menos incierto o difícil de predecir, lo cual quiere decir que los ataques en pequeña escala están mucho menos sujetos a las limitaciones tecnológicas. Otra consideración importante es que la mayoría de los agentes pueden ser inestables en la atmósfera y descomponerse con el tiempo después de su diseminación en forma aérea, y dicho proceso puede por sí mismo afectar al agente al punto de causarle una degradación sustancial o la inactivación completa. Además, para que el agente se retenga después de la inhalación y ejerza los pretendidos efectos patológicos, se deben satisfacer otros requisitos técnicos. En el caso de material particulado, por ejemplo, es posible que las partículas mayores no penetren lo suficiente en el tracto respiratorio. Más aún, el rango de tamaño óptimo de las partículas es pequeño y la producción y el mantenimiento de la distribución óptima del tamaño en el interior de una nube de aerosol están sujetos a una gama de dificultades, sin contar con los procesos de evaporación y condensación que se estarían llevando a cabo a medida que la nube se desplaza e, incluso, en el tracto respiratorio. Estas consideraciones se aplican a la diseminación de agentes por aerosol de enfermedades contagiosas y no contagiosas, aunque el agresor puede confiar en la diseminación de la epidemia para compensar las limitaciones de la presentación en forma de aerosol. Sin embargo, esa diseminación también está sujeta a sus propios factores impredecibles y, por tanto, incontrolables y, además, si se detecta precozmente, se puede limitar con medidas de higiene y profilaxis.

Estos factores técnicos hacen que los ataques en gran escala sean mucho más exigentes en términos de materiales y habilidades de lo que se supone comúnmente. En particular para los agentes no transmisibles o para productos químicos, se necesitaría diseminar grandes cantidades para asegurarse de que lleguen en suficiente proporción a la población blanco y durante el tiempo necesario para que causen el efecto deseado. Varias incertidumbres afectan el resultado. La variación micrometeorológica en la atmósfera podría resultar en que el agente se diluya tanto que se vuelva inofensivo o en que la nube no dé en el blanco debido a algún viraje del viento. Por consiguiente, tales ataques son necesariamente indiscriminados, aún más si se utilizan agentes de enfermedades contagiosas.

Estas dificultades en la diseminación no son las únicas ni plantean los problemas técnicos más exigentes. En el caso de los agentes biológicos, existen, por ejemplo, en primer lugar, las dificultades en la selección de la cepa adecuada, incluso en sus pruebas, y luego el mantenimiento de su virulencia durante el cultivo, la cosecha, el procesamiento, el almacenamiento, la carga de las armas, la liberación y el desplazamiento del aerosol.

La conclusión que se puede sacar es que, aunque la probabilidad de un ataque biológico o químico técnicamente sofisticado y en gran escala es leve, si efectivamente sucede y los muchos imponderables e incertidumbres estén a favor del atacante, lo cual es improbable, las consecuencias del evento podrían ser enormes. Por tanto, cuando un país considera las estrategias para prepararse contra tales ataques, debe sopesar los resultados catastróficos de un ataque de esa índole frente a los peligros para la salud pública de mayor probabilidad pero de menor magnitud. Sería ciertamente irresponsable descartar los posibles efectos de la liberación deliberada de agentes biológicos o químicos, pero sería prudente no sobreestimarlos (20). Por consiguiente, dado el impacto emocional de tan siquiera una supuesta amenaza de liberación de agentes biológicos o químicos, sería sabio que los Estados Miembro consideraran cómo enfrentar tales peligros como parte integral de la respuesta nacional a otras amenazas a la salud pública y al bienestar general.

Los factores técnicos no son la única consideración. En la mayor parte del mundo, las restricciones sociales para recurrir a las armas biológicas o químicas, incluso las disposiciones de las leyes nacionales e internacionales, aumentan los problemas técnicos para adquirirlas y aprovecharlas. Estas restricciones impedirían el acceso a los materiales necesarios y también obstaculizarían aquellas formas de ayuda menos tangibles que pueden suministrar los proveedores internacionales de servicios, los consultores e incluso los académicos, cuya imagen corporativa, reputación o estatus comercial sufriría una vez se conociera su participación. Además, habría una justificación adicional para una acción internacional concertada contra cualquier programa de armamento. El periodo prolongado y continuo durante el cual no se ha presentado ningún ataque biológico sustancial sugiere que el número de grupos o estados competentes que intentan realmente usar armas biológicas debe ser pequeño. De hecho, la intención está directamente relacionada con la probabilidad de uso y por sí misma es susceptible a las inhibiciones morales y a la amenaza de captura y castigo.

No obstante, el episodio de las «cartas con ántrax» en los Estados Unidos constituye un serio llamado de atención contra la complacencia en este sentido, especialmente si uno se pregunta cuáles habrían sido las consecuencias si el remitente del ántrax hubiera enviado miles de cartas en vez de unas pocas. La historia no es siempre una guía confiable para el futuro. Por consiguiente, la preparación ante la eventualidad de alguna forma de liberación intencional de un agente a través de estrategias y planes de contingencia es necesaria.

Muchos países ya han formulado un plan y una estrategia general de respuesta ya sea en relación con desastres naturales como un terremoto o accidentes de envergadura en instalaciones industriales, de almacenamiento o de transporte, que pueden mantenerse o modificarse a la luz de las circunstancias y de la experiencia. Muchos de los principios del manejo de riesgos para enfrentar ataques químicos o biológicos coinciden con los diseñados para contrarrestar desastres o emergencias naturales o causadas por el hombre. En la mayoría de las circunstancias, allí donde la propagación intencional de agentes biológicos o químicos representa problemas adicionales para el manejo del riesgo, incluir este elemento en las estrategias y los planes de atención de desastres existentes será suficiente para preparar a la población civil.

Más allá de eso, los Estados Miembro deben considerar cualquier uso deliberado, aún en el nivel más local, de agentes biológicos o químicos con el fin de causar daño como una *amenaza global a la salud pública*, y estar listos para responder a tal amenaza en otros países, compartiendo la experiencia, los suministros y los recursos que permitan contener rápidamente el evento y mitigar sus consecuencias. El hecho de que exista vulnerabilidad, como queda dicho, no siempre quiere decir que hay una amenaza.

Bibliografía

1. Marin MA. The evolution and present status of the Laws of War [English translation]. *Académie de Droit International: Recueil des Cours*, 1957, 92(2):633–749.
2. Mandelbaum M. *The nuclear revolution: international politics before and after Hiroshima*. Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
3. United Nations Security Council document S/C.3/SC.3/7/Rev.1, 8 September 1947.
4. United Nations Security Council document S/23500, 31 January 1992.
5. *Removing obstacles to healthy development: WHO report on infectious diseases*. Geneva, World Health Organization, 1999 (document WHO/CDS/99.1).
6. Perry Robinson JP. Chemical-weapons proliferation in the Middle East. En: Karsh E, Navias MS, Sabin P, eds. *Non-conventional-weapons proliferation in the Middle East*. Oxford, Clarendon Press, 1993:69–98.
7. Williams P, Wallace D. *Unit 731: the Japanese Army's secret of secrets*. London, Hodder & Stoughton, 1989.
8. Harris SH. *Factories of death: Japanese biological warfare 1932–1945 and the American cover up*. London, Routledge, 1994.
9. North Atlantic Treaty Organization, Standing Group, von Kármán Committee. *Future developments in chemical warfare*, from the report of Working Group X on Chemical, Biological and Radiological Defence, March 1961, as distributed to the UK Ministry of Defence Advisory Council on Scientific Research and Technical Development, paper no SAC 1928, 11 February 1969, in United Kingdom Public Record Office file WO195/16864.
10. Jackson RJ et al. Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox. *Journal of Virology*, 2001, 75(3):1205–1210.
11. Dubuis B. *Recombinant DNA and biological warfare*. Zurich, Eidgenössische Technische Hochschule, Institute für Militärische Sicherheitstechnik, report IMS 94–10, 1994.

12. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. *New scientific and technological developments relevant to the Biological and Toxin Weapons Convention*, in document BWC/CONF.IV/4*, 30 October 1996.
13. *Biotechnology and genetic engineering: implications for the development of new warfare agents*. United States of America, Department of Defense, 1996.
14. British Medical Association. *Biotechnology, weapons and humanity*. London, Harwood Academic Publishers, 1999.
16. Dando M. Benefits and threats of developments in biotechnology and genetic engineering. En: *Stockholm International Peace Research Institute Yearbook 1999: armaments, disarmament and international security*. Stockholm, Stockholm International Peace Research Institute, 1999:596–611.
17. Kadlec RP, Zelicoff AP. Implications of the biotechnology revolution for weapons development and arms control. En: Zilinskas R, ed. *Biological warfare: modern offense and defense*. Boulder and London, Lynne Rienner, 2000:11–26.
18. Block SM. The growing threat of biological weapons. *American Scientist*, 2001, 89(1):28–37.
19. Dando M. *The new biological weapons*. Boulder and London, Lynne Rienner, 2001.
20. Fifth Review Conference of the States Parties to the Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction. Geneva, 19 November-7 December 2001, documents BWC/CONF.V/4 dated 14 September 2001 and BWC/CONF.V/4/Add.1 dated 26 October 2001, Background paper on scientific and technological development relevant to the Convention.
21. *Measures for controlling the threat from biological weapons*. London, Royal Society, 2000 (document 4/00).

3. Agentes biológicos y químicos

La planificación cuidadosa y anticipada es esencial si un Estado Miembro o cualquier otro país quieren manejar adecuadamente la amenaza o las consecuencias de la liberación intencional de agentes biológicos o químicos. Una consideración central para la planificación es que no es posible ni necesario prepararse específicamente para un ataque con todos los agentes biológicos y químicos posibles. Si un país está buscando incrementar su preparación para contrarrestar los efectos de los ataques biológicos y químicos, la selección de un grupo de agentes bien delimitados le proporcionará las capacidades necesarias para enfrentar un rango mucho mayor de posibilidades. El conocimiento de las propiedades generales de este grupo representativo de agentes permitirá que se tomen ciertas medidas virtualmente contra cualquier otro agente. Además de no ser prácticas desde la perspectiva de la preparación, las listas de agentes largas y exhaustivas también dan una falsa impresión de la extensión de posibles amenazas. En este capítulo, se describe un enfoque para la identificación de los agentes en cuestión, seguida de una discusión de los métodos de diseminación, las vías de exposición y las características generales de las armas biológicas y químicas, cuyas conclusiones completan la evaluación de la amenaza que se inició en el *Capítulo 2*.

3.1 Grupo representativo de agentes

Las armas biológicas y químicas se han descrito como la “bomba atómica de los pobres”, lo cual transmite la impresión errónea de facilidad en su preparación y utilización. No es suficiente que los agentes biológicos y químicos sean altamente infecciosos o tóxicos. Para seleccionar un agente como posible arma, éste debe tener características capaces de compensar las limitaciones técnicas que de otra manera le restan atractivos para los usuarios, tales como las limitaciones técnicas que se describen en el *Capítulo 2*. Así pues, el agente debe ser lo suficientemente estable para resistir su degradación durante la manipulación y el almacenamiento y durante los procesos de transferencia de energía implícitos en la mayoría de escenarios de diseminación. Una vez liberado, el agente debe mantenerse en dosis que sean infecciosas o tóxicas en un área predecible. Su producción también debe ser relativamente sencilla a partir de compuestos precursores de fácil consecución o de microorganismos que se encuentren en forma natural o que hayan sido modificados genéticamente. Según el agente de que se trate, una vez producido y ulteriormente procesado y formulado, se debe empacar en los dispositivos de diseminación o prepararlo para hacerlo, además de almacenarlo sin riesgo innecesario para quien lo manipule. Si un agente no es lo suficientemente estable cuando se almacena, existen ciertos medios como el uso de municiones “binarias” que se cargan no con el agente tóxico, sino con contenedores separados de los precursores, los cuales se adaptan para que se mezclen y generen el agente ya sea justo antes o durante el lanzamiento del arma, como en el caso de algunos productos químicos. Para los agentes biológicos, en los anteriores programas militares ofensivos, se ha preferido una base de producción “tibia” en vez de confiarse en reservas grandes.

Aunque se han investigado miles de compuestos químicos tóxicos y cientos de microorganismos patógenos por su utilidad potencial como armas militares, relativamente pocos han sido capaces de satisfacer los requisitos militares y aún menos se han convertido en armas y se han usado en realidad. La tarea que enfrentan las autoridades de salud pública para la identificación de un grupo

representativo de agentes contra los cuales deben prepararse podría considerarse, por tanto, como relativamente sencilla. Sin embargo, la liberación intencional de agentes puede incluir ataques por parte de entidades no estatales cuyos principios de selección podrían diferir de los militares. Por ejemplo, la accesibilidad, y no la agresividad y estabilidad total en almacenamiento, podría ser el criterio dominante en su selección del agente. Los tipos de impacto buscados también podrían diferir de los preferibles en operaciones militares directas. En otras palabras, el orden de jerarquía con que las autoridades de salud pública evalúan las diferentes amenazas de los agentes (por ejemplo, *I*) puede no ser el mismo de las autoridades militares. En el presente estudio, el grupo representativo se ha recopilado restringiendo progresivamente los criterios de selección: en primer lugar, las amplias definiciones de agentes biológicos y químicos planteadas en los tratados; en segundo lugar, las listas de agentes que se han negociado para facilitar la implementación de tratados o, en el caso de la CAB, las que de allí se desprenden; en tercer lugar, la información autorizada disponible públicamente acerca de los agentes que pueden utilizarse como armas o que se han almacenados en épocas recientes; en cuarto lugar, los agentes conocidos que se han utilizado como armas, y, finalmente, las consideraciones relacionadas con entidades no estatales. Este proceso de selección se describe a continuación.

3.1.1 *Alcance de los tratados internacionales*

La mayor vertiente de agentes de importancia y, por consiguiente, el punto de inicio del proceso de selección, se encuentra en los tratados que proscriben la posesión de armas biológicas y químicas. Las negociaciones intergubernamentales que culminaron en la CAB y la CAQ comenzaron cuando se estaba preparando la primera edición de este informe. En 1969, para determinar su alcance, la OMS se basó en los conceptos de toxicidad y contagiosidad para distinguir las armas biológicas y químicas de otros tipos de armas. Definió los agentes de la guerra química como “todas las sustancias empleadas por sus efectos tóxicos en personas, animales y plantas” y como agentes de la guerra biológica a aquéllos “cuyos efectos dependen de su multiplicación dentro de los organismos blanco y cuyo uso en la guerra busca causar enfermedad o muerte en personas, animales o plantas”. Sin embargo, los negociadores del tratado tenían que idearse definiciones con un alcance amplio, pues se trataba de ejercer control sobre tecnologías que a menudo tenían carácter dual, en otras palabras, que podían utilizarse tanto para fines bélicos como pacíficos. Por ejemplo, los negociadores no podían prohibir la producción del principal gas letal de la Primera Guerra Mundial, el fosgeno, sin que al mismo tiempo les negaran la materia prima a los fabricantes de ciertos plásticos y otros productos útiles; ni tampoco podían declarar ilegal el crecimiento a gran escala de microorganismos patógenos sin amenazar la producción de vacunas. Eran muchos los ejemplos, así que el criterio acogido por los negociadores para incluir en los tratados la prohibición o control de actividades que involucraban la utilización de un agente fue el fin que alentaba dichas actividades. Por consiguiente, tal criterio se encuentra en aquellas partes de la CAB y la CAQ que definen el alcance del tratado. Así pues, las prohibiciones que se expresan en los dos tratados se extienden a todos los agentes biológicos y toxinas y, esencialmente, a todos los productos químicos, a no ser que se propongan para fines pacíficos y que su naturaleza y cantidad estén acordes con tales objetivos. Además, la CAQ utiliza el concepto de toxicidad al aplicar su criterio de propósito general a los “químicos tóxicos” y a “sus precursores”, y define estas dos categorías de químicos en términos amplios. En contraste, la CAB no busca definir los agentes biológicos y las toxinas a las que se aplica. De hecho, el lenguaje utilizado en las dos Convenciones para definir las armas que cobijan se presenta en el *Cuadro 3.1* que aparece a continuación.

Cuadro 3.1 Definición de las armas biológicas y químicas en la CAB y la CAQ

El Artículo I de la Convención sobre Armas Biológicas (CAB) dice lo siguiente:

Cada Estado signatario de esta Convención se compromete a que nunca y bajo ninguna circunstancia desarrollará, producirá, almacenará o, de alguna manera, adquirirá o retendrá:

(1) agentes microbianos o biológicos o toxinas, cualquiera que sea su origen o método de producción, de tipo y en cantidades que no tengan justificación para fines profilácticos, de protección o para otros fines pacíficos;

(2) las armas, equipamiento o medios de distribución diseñados para utilizar tales agentes o toxinas con fines hostiles o en conflicto armado.

El Artículo II de la Convención sobre Armas Químicas (CAQ) incluye lo siguiente:

Para los fines de esta Convención:

1. “Armas químicas” quiere decir lo siguiente, en conjunto o por separado:

(a) los químicos tóxicos y sus precursores, excepto cuando se destinen para fines que no estén prohibidos por esta Convención, en tanto que los tipos y cantidades estén en concordancia con tales fines;

(b) las municiones y los instrumentos específicamente diseñados para causar la muerte o algún otro daño por medio de las propiedades tóxicas de estos químicos tóxicos especificados en el literal (a), los cuales serían liberados como resultado del empleo de tales municiones e instrumentos;

(c) cualquier equipamiento específicamente diseñado para el uso directamente en conexión con el empleo de las municiones y los instrumentos especificados en el literal (b).

2. “Químico tóxico” quiere decir: cualquier químico que, por medio de su acción química sobre los procesos vitales, pueda causar muerte, invalidez temporal o daño permanente a las personas o a los animales. Esto incluye todos tales químicos, cualquiera que sea su origen o su método de producción, y sin importar si se producen en instalaciones, en las municiones o en alguna otra parte.

(Para los fines de la implementación de esta Convención, los químicos tóxicos que hayan sido identificados para la aplicación de las medidas de verificación se enumeran en las Agendas contenidas en el Anexo sobre Productos Químicos.) [...]

9. “Fines no prohibidos bajo esta Convención” quiere decir:

(a) fines industriales, agrícolas, investigativos, médicos, farmacéuticos u otros fines pacíficos.

(b) fines de protección, a saber aquellos fines directamente relacionados con la protección contra químicos tóxicos y la protección contra armas químicas.

(c) fines militares que no estén conectados con el uso de armas químicas y que no sean dependientes del uso de las propiedades tóxicas de los químicos como método de guerra.

(d) cumplimiento de la Ley, inclusive fines domésticos de control de disturbios.

Para implementar eficazmente estos tratados de tan amplio alcance, se han elaborado listas de agentes que permiten orientar los esfuerzos de los signatarios, estableciendo claramente los agentes cuya potencialidad como armas químicas pueda ser aceptada por todos los signatarios. La CAQ incluye tres de tales listas negociadas (“agendas”), en las cuales se “identifican para la aplicación de las medidas de verificación los químicos tóxicos y precursores seleccionados”. Estas agendas se incluyen en el *Anexo sobre productos químicos* del tratado y en ellas aparecen 29 productos químicos específicos y 14 familias de compuestos químicos. Algunas de las familias son en verdad muy extensas, contienen millones de productos químicos, la mayoría de los cuales, no obstante, nunca se han caracterizado o realmente producido. Por ejemplo, los dialkil alquilfosfonatos, que constituyen tan sólo una pequeña fracción de los químicos en el artículo 4 de la Agenda 2, comprenden 1’668.964 químicos diferentes (excluyendo los estereoisómeros), de los cuales aparentemente sólo 118 se han sintetizado de hecho (2). Aun la familia de los alquil alquilfosfonofluoridatos, con la que comienza la Agenda 1, es decir, la familia sarín de gases nerviosos, teóricamente contiene 3.652 miembros. Aun cuando las cifras son muy grandes, la CAQ aclara que sus agendas no pretenden ser la lista definitiva de todos los químicos que constituyen “riesgos para el objeto y fines de esta Convención”, sino simplemente ilustrar los químicos que tienen el riesgo particular de poder utilizarse de manera contraria a la legítima.

La CAB, que es un instrumento legal mucho más corto y simple que la CAQ, no contiene agendas análogas, aunque se han elaborado para adjuntarlas en el Protocolo de la CAB en caso de que su negociación se llegare a completar. El propósito de estas listas sería, igualmente, el de ilustrar, mas no definir, el alcance de los criterios de propósito general. Varias otras autoridades, inclusive las agencias de defensa, han recopilado listas de agentes biológicos con mayor probabilidad de usarse con fines hostiles. Algunas de estas listas se presentan en la *Tabla A3.1* en el *Anexo 3*, en donde se puede observar cuánta variación hay en las evaluaciones de las diferentes agencias.

3.1.2 *Experiencia histórica*

Los agentes tóxicos e infecciosos disponibles para las fuerzas armadas de los Estados en forma de armas en el pasado, se identifican en los documentos oficiales ahora abiertos para el escrutinio de los historiadores. Sin embargo, este registro histórico no está completo, puesto que los estados que las poseían todavía no han puesto a disposición todos los documentos relevantes, y aun aquéllos que lo han hecho han retenido los documentos de los últimos 20 o 30 años (las declaraciones recibidas por la Comisión Especial de las Naciones Unidas sobre Irak – UNSCOM – son una excepción por cuanto incluyen referencias, aunque aún no completamente verificadas, sobre la conversión a armas durante el periodo 1987–1991). No obstante, se puede recopilar una lista extensa de agentes antipersonales. La lista que se presenta en la *Tabla 3.1* cubre el periodo desde enero de 1946 y se tomó de un archivo de documentos estatales, trabajos académicos de historia y otra documentación de la Universidad de Sussex¹, y se limita a agentes identificados en los documentos estatales del país, almacenados o sometidos, en alguna medida, al proceso de convertirse en armas. Por conveniencia, la *Tabla 3.1* agrupa los agentes en categorías que se explican más adelante en este capítulo.

¹ El archivo es el *Sussex Harvard Information Bank*, el cual descansa en SPRU, University of Sussex, UK, a cargo del *Harvard Sussex Program on CBW Armament and Arms Limitation* (véase www.sussex.ac.uk/spru/hsp).

Una indicación de la relativa importancia histórica de algunos de los químicos tóxicos incluidos en la *Tabla 3.1*, se puede obtener en los programas del Estado que los poseía al considerar las cantidades de los diferentes agentes declarados a la OPCW como parte de los informes obligatorios sobre armas químicas exigida a los Estados signatarios de la CAQ. Estas cantidades declaradas se presentan en la *Tabla 3.2*, la cual muestra que los Estados Miembro han declarado como armas químicas ante la OPCW un total de 69.863 toneladas de químicos. Estas reservas declaradas están sujetas a las disposiciones de vigilancia de la CAQ y los funcionarios de la OPCW observan su destrucción bajo los protocolos acordados. Hasta el 31 de agosto de 2003, se había destruido un total de 7.837 toneladas.

La información sobre el uso real de los agentes tóxicos e infecciosos con fines hostiles puede estar aún más incompleta que los datos sobre su conversión en armas o su almacenamiento, sobre todo si se toma en cuenta el papel de estos agentes en la guerra clandestina, sobre la cual los registros oficiales son a menudo escasos. Más aún, en ocasiones se ha reportado la utilización de armas químicas y biológicas cuando en realidad no se habían usado, informes originados por errores de percepción o de otro tipo, o con la intención de engaño. La *Tabla 3.3* resume el registro del uso antipersonal, tomado del mismo archivo usado para la *Tabla 3.1*. Sus entradas se restringen a aquellas instancias en las que desde 1918 el hecho del uso se puede calificar como indiscutible y en las cuales los agentes tóxicos o infecciosos empleados han sido identificados. No se ha incluido el uso de agentes anti-plantas o anti-animales. La *Tabla 3.3* incluye en sus últimas tres entradas el uso de agentes antipersonales tóxicos o infecciosos por parte de entidades no estatales, actos de terrorismo sobre los cuales los registros históricos son todavía más escasos.

Las *Tablas 3.1, 3.2 y 3.3* enumeran 40 agentes biológicos y químicos diferentes, número considerablemente más pequeño que el de los agentes descritos en la literatura sobre la guerra biológica y química. No todos los 40 agentes son de fácil acceso únicamente para las fuerzas estatales, pues entre ellos se encuentran también químicos industriales ampliamente utilizados. En el grupo representativo de agentes, algunos pueden ser descartados con base en su estrecha similitud. Parece necesario añadir sólo cuatro agentes más: el virus de la viruela; el agente fúngico que causa la coccidiodomicosis; el perfluoroisobutano, un agente tóxico del cual hoy se elaboran decenas de miles de toneladas al año como producto intermedio en la industria química, y el agente químico psicotomimético lisérgico, también conocido como LSD. Aunque ninguno de estos cuatro agentes adicionales está incluido en la *Tabla 3.1*, se sabe que los cuatro han sido estudiados por su posibilidad de convertirse en armas e incluso, en algunos casos, se han sometido a ensayos de campo, así como a estudios de laboratorio.

En los *Anexos 1, 2 y 3* se describen 26 de los 44 agentes a partir de los cuales las autoridades de salud pública pueden seleccionar razonablemente su grupo representativo de agentes.

Tabla 3.1 Agentes antipersonales tóxicos e infecciosos almacenados o de alguna forma convertidos en armas para fuerzas estatales desde 1946, según los documentos oficiales de los estados que los poseían.

Gases lacrimógenos, otros irritantes sensoriales y otros químicos que causan invalidez

10-cloro-5,10-dihidrofenasazina (adamsite o DM)
 w-cloroacetofenona (CN)
 á-bromofenilacetoniitrilo (Iarmino, BBC o CA)
 2-clorobenzalmalononitrilo (CS)
 dibenzoxazepina (CR)
Oleoresin capsicum (OC)
 3-quinuclidinil benzilato (BZ)

Agentes asfixiantes (irritantes pulmonares)

fosgeno
 cloropicrín

Gases sanguíneos

cianuro de hidrógeno

Vesicantes (gases ampollantes)

bis(2-cloroetil) sulfuro (gas mostaza)
 2-clorovinildicloroarsina (lewisite)
bis(2-cloroetiltioetil) éter (agente T)
tris(2-cloroetil)amina (una mostaza nitrogenada)

Gases nerviosos

etil *N,N*-dimetilfosforamidocianidato (tabún o GA)
O-isopropil metilfosfonofluoridato (sarín o GB)
O-1,2,2-trimetilpropil metilfosfonofluoridato (somán o GD)
O-ciclohexil metilfosfonofluoridato (ciclosarín o GF)
O-etil *S*-2-diisopropilaminoetil metilfosfonotiolato (VX)
O-isobutil *S*-2-dietilaminoetil metilfosfonotiolato (VR)

Toxinas^a

ricina
 saxitoxina
 toxina de *Clostridium botulinum*
 enterotoxina estafilocócica
 aflatoxina

Bacterias y rickettsias

Bacillus anthracis
Francisella tularensis
Brucella suis
Burkholderia mallei
Burkholderia pseudomallei
Yersinia pestis
Rickettsia prowazeki
Coxiella burnetii

Virus

virus de la encefalitis equina venezolana

^a Además de los ya citados, a saber, OC y cianuro de hidrógeno.

Tabla 3.2 **Cantidades totales de agentes químicos declarados a la OPCW por sus Estados Miembro a 31 de diciembre de 2001**

Agente químico	Total declarado (toneladas) ^a		
Categoría 1 de armas químicas^b			
Agente VR 15.558			
Agente VX 4.032			
Diflúor (precursor DF) ^c	444		
EDMP (precursor (QL) ^d	46		
Isopropanol/isopropilamina (precursor OPA) ^e	731		
Lewisite	6.754		
Gas mostaza ^f	13.839		
Mezclas mostaza/lewisite	334		
Runcol (agente HT) ^g	3.536		
Sarín (agente GB)	15.048		
Somán (agente GD)	9.175		
Tabún (agente GA)	2		
Desconocido	4		
Categoría 2 de armas químicas^h			
Cloroetanol	302		
Fosgeno	11		
Tiodiglicol	51		
Químicos declarados como “agentes para el control de disturbios”ⁱ			
Adamsite	Agente CN	Agente CS	Agente CR
Cloropicrín	Agente OC	Mezcla OC/CS	MPA [<i>sic</i>]
Etil bromoacetato	Spray de pimienta	Ácido pelargónico vanililamida	

^a Basados en cifras del informe anual de la OPCW para 2001 (3), aproximados a la tonelada más cercana. Excluye los químicos declarados en cantidades menores de una tonelada. Uno de tales químicos fue el gas nervioso *O*-etil *S*-2-dimetilaminoetil metilfosfonotiolato, también conocido como médemo o EA 1699.

^b El Anexo de Verificación de la CAQ, en la Parte IV(A), párrafo 16, define la Categoría 1 como «armas químicas con base en la Agenda 1 de químicos y sus partes y componentes». Véase *Tabla 3.1* para sus identidades químicas.

^c Metilfosfonil difluoruro (un componente binario del gas nervioso).

^d Etil 2-diisopropilaminoetil metilfosfonita (un componente binario del gas nervioso).

^e Una mezcla de 72% de isopropanol y 28% de isopropilamina (un componente binario del gas nervioso).

^f Incluye «producto oleoso de gas mostaza».

^g Una reacción que contiene cerca de 60% de gas mostaza y 40% del agente T.

^h «Armas químicas con base en todos los químicos y sus partes y componentes.» La CAQ continúa y define la Categoría 3 de armas químicas como la que comprende «municiones sin cargar y mecanismos, y equipamiento específicamente diseñado para uso directamente en conexión con el empleo de armas químicas».

ⁱ Para químicos declarados como «agentes para el control de disturbios», la CAQ exige revelar su identidad química mas no las cantidades con las que se cuenta.

Tabla 3.3 **Agentes tóxicos e infecciosos antipersonales cuyo uso hostil desde 1918 se ha verificado**

Periodo	Agente	Localización del uso
1919	adamsite difenilcloroarsina (un irritante sensorial) gas mostaza	Rusia
1923–1926	bromometil etil cetona (un gas lacrimógeno) cloropicrín gas mostaza	Marruecos
1935–1940	cloro (un agente asfixiante) w-cloroacetofenonadifenilclorarsina gas mostaza fenildiclorarsina (un vesicante) fosgeno	Abisinia
1937–1945	w-cloroacetofenona difencilcianoarsina (un irritante sensorial) cianuro de hidrógeno lewisite gas mostaza fosgeno <i>Yersinia pestis</i>	Manchuria
1963–1967	w-cloroacetofenona gas mostaza fosgeno	Yemen
1965–1975	2-clorobenzalmalononitrilo	Vietnam
1982–1988	2-clorobenzalmalononitrilo gas mostaza saríntabún	Irán/Irak
1984	<i>Salmonella enteritidis</i> serotipo <i>typhimurium</i>	Estados Unidos
1994–1995	Sarín	Japón
2001	<i>Bacillus anthracis</i>	Estados Unidos

Fuente: Documentos y materiales que se encuentran en el *Sussex Harvard Information Bank* en SPRU—*Science and Technology Policy Research*, University of Sussex, United Kingdom.

3.2 Diseminación de los agentes biológicos y químicos

Cuando se libera un agente químico o biológico, la naturaleza y el grado de peligro dependen de una multitud de factores que incluyen, entre otros, el agente y la cantidad liberada, el método de diseminación, factores que influyen en su toxicidad, contagiosidad o virulencia durante y después de su liberación, su desplazamiento y dilución en la atmósfera y el estado de protección y susceptibilidad de las personas expuestas. Usualmente se distinguen dos tipos de riesgo general, a saber, riesgo por inhalación y riesgo por contacto, con implicaciones diferentes para la protección (véase *Capítulo 4*). Aquí se presenta un breve resumen de los métodos de diseminación por vía aérea de agentes biológicos y químicos que pueden implicar un riesgo por inhalación o por contacto para personas sin ninguna protección. En este estudio se consideran también otros métodos de diseminación de agentes, inclusive la diseminación por medio del agua potable y de los alimentos. Para los agentes biológicos también existe la posibilidad de usar vectores artrópodos.

Los métodos de diseminación aérea dependen de las propiedades físicas y químicas del material que se va a liberar, incluso aquéllas que pueden causar la descomposición o inactivación de los químicos o toxinas o, para los agentes infecciosos, la pérdida de viabilidad o cambios más sutiles que afectan primordialmente la virulencia.

Si se diseminan en forma de vapor, líquido o partículas sólidas suficientemente pequeñas, los agentes químicos pueden crear un riesgo por inhalación, depositándose como un rocío que se evapora mientras está en el aire o después de tocar las superficies. En el caso de algunos agentes, los vapores o las partículas que se inhalan también pueden representar un peligro para las membranas mucosas sensibles, especialmente las de la conjuntiva. Los agentes químicos capaces de actuar percutáneamente pueden constituir un riesgo por contacto con aspersiones de agentes menos volátiles depositados directamente sobre las personas o sobre superficies con las que puedan entrar en contacto. Un agente químico se puede diseminar mecánicamente al rociar o romper un contenedor, con el uso de explosivos o por un proceso térmico en el cual se use una composición pirotécnica como fuente de calor. La diseminación pirotécnica es eficaz solamente para agentes resistentes al calor y que no sean combustibles, los cuales se pueden evaporar inicialmente y, luego, condensarse en el aire como una suspensión de partículas inhalables, originando principalmente un riesgo respiratorio o para la conjuntiva.

Los agentes infecciosos constituyen peligro fundamentalmente por inhalación, aun aquéllos cuya vía natural de infección no es ésta. El riesgo de muchos agentes infecciosos es mayor si alcanza a la población blanco en forma de partículas de tamaño aerodinámico, que son lo suficientemente pequeñas para penetrar a los alvéolos en las profundidades del pulmón, aunque, por lo general, la mayoría no logran depositarse y son exhaladas. El contacto con un agente infeccioso y su entrada al cuerpo a través de una lesión o por las membranas mucosas también puede representar un riesgo, aunque generalmente menor. Los agentes infecciosos se pueden diseminar como partículas inhalables en forma de partículas pulverizadas, por medio de explosivos o por rociadores u otros mecanismos especialmente diseñados para producir partículas inhalables.

Las partículas pequeñas pueden alcanzar velocidades de sedimentación gravitacional tan bajas que su desplazamiento en la atmósfera es similar al de una nube de vapor. Una nube de partículas de este tipo es una suspensión coloidal de materia en el aire que se conoce como aerosol. La

velocidad de sedimentación de los vapores y los aerosoles depende no de la gravedad sino más bien de las fuerzas físicas y químicas que puedan unir las moléculas o partículas a las superficies específicas con las que entren en contacto, por lo que la velocidad con que se desprenden de la nube también depende de la rugosidad de la superficie y de los factores meteorológicos. El diámetro aerodinámico efectivo es la medida de tamaño apropiada para determinar la propensión a la sedimentación y compactación de las partículas pequeñas. Solamente para partículas de una densidad dada, el diámetro aerodinámico efectivo se reduce al tamaño. Esta distinción puede ser importante para los materiales liofilizados que son en su mayor parte huecos o para agentes químicos muy densos. El viento y otras perturbaciones mecánicas pueden volver a suspender las partículas depositadas, aunque en cantidades seguramente mínimas que vuelven a caer al suelo o se unen a otras partículas de mayor diámetro. En consecuencia, la exposición a partículas inhalables que resulten de este proceso generalmente será mucho menor que la causada inicialmente por la nube.

Cuando el viento transporta una nube de partículas o de vapor, las corrientes en remolino de la atmósfera hacen que se extienda horizontal y verticalmente (hasta la cima de la capa atmosférica de mezcla, si se encuentra presente), a una velocidad que depende principalmente del grado de turbulencia atmosférica, lo cual disminuye las dosis a medida que aumenta la distancia de la fuente de emisión. No obstante, si la atmósfera es relativamente estable, y según sea la naturaleza y la cantidad del agente, las dosis pueden llegar a niveles peligrosos aún a muchos kilómetros de distancia de la fuente en la dirección del viento.

3.3 Vías de exposición

3.3.1 *Sistema respiratorio*

El principal riesgo de los agentes en forma de vapor y aerosoles es respiratorio, aunque ciertos agentes químicos, básicamente las mostazas y los irritantes sensoriales, también representan un peligro, en particular para la conjuntiva.

La parte del sistema respiratorio en donde se adsorbe el vapor inhalado de un agente químico y la eficiencia de su adsorción dependen de sus propiedades de solubilidad. Los vapores de los agentes solubles en agua se adsorben en su mayoría en los pasajes nasales y las regiones superiores del sistema respiratorio. Los vapores insolubles en agua pueden penetrar más profundamente y se pueden adsorber en las partes más distales del sistema respiratorio – los espacios alveolares. Cuando un agente no volátil se dispersa en forma de aerosol o se trata de un agente adsorbido a un material de dispersión no volátil, el sitio de depósito dependerá del tamaño y de la densidad de las partículas en el aerosol, como se plantea a continuación para los agentes biológicos.

Algunos agentes, inclusive las mostazas, el fosgeno y el cloro, lesionan el tejido pulmonar en el sitio de la adsorción, mientras que otros, como los agentes nerviosos, penetran en los tejidos respiratorios y son transportados por la corriente sanguínea para que actúen en receptores blanco específicos, como pueden serlo el sistema nervioso periférico o el central.

En los agentes químicos que no se desintoxican significativamente durante el periodo de exposición, la gravedad del riesgo depende de la cantidad total inhalada. En algunos químicos, sin embargo, principalmente el cianuro de hidrógeno, al entrar al organismo se presenta una

desintoxicación significativa en minutos, de tal manera que la inhalación de una cantidad dada en un tiempo breve puede causar una intoxicación grave o la muerte mientras que no sucede así con la inhalación de la misma cantidad en un periodo más prolongado de tiempo. Sin embargo, la mayoría de los agentes químicos enumerados en la *Tabla 3.2*, incluso la mostaza y los agentes nerviosos, tienen efectos tóxicos esencialmente acumulativos, excepto quizá en el caso de exposiciones que se prolongan durante muchas horas.

El principal riesgo para las personas expuestas a una nube pasajera de aerosoles biológicos también sería respiratorio porque la cantidad de aerosol depositada en el sistema respiratorio sería mayor que la depositada en cualquier otra parte del cuerpo y porque el sistema respiratorio, aunque provisto de impresionantes mecanismos naturales de defensa, es no obstante vulnerable a las infecciones causadas por estos agentes. Sucede igualmente que la infección por vía de inhalación generalmente origina enfermedades más graves que la infección cutánea. Sin embargo, si un agente encuentra su camino a una lesión, la infección cutánea puede resultar de la acción de las partículas en aerosol depositadas sobre las superficies corporales o en superficies con las cuales las personas entran en contacto.

La región del sistema respiratorio donde se depositan las partículas inhaladas depende de su diámetro aerodinámico. Como una aproximación, se considera que las partículas en aerosol de un agente biológico tienen densidad de uno y forma esférica. Las partículas con diámetro de cerca de 10 μm y más, se depositan casi en su totalidad al atascarse por la inercia en las fimbrias de la nariz, en las cavidades nasales y en las vías respiratorias torácicas superiores. Después de depositarse, son transportadas a la nariz o a la parte posterior de la garganta por la acción mucociliar, para ser expelidas en las secreciones nasales o para ser tragadas o expelidas con la tos, el esputo o el estornudo. Tal mecanismo de limpieza protege los pulmones de partículas que incluyen agentes infecciosos depositados en las vías respiratorias. Una protección adicional contra los agentes infecciosos resulta de la acción de sustancias antimicrobianas presentes en el moco y de la acción de las células fagocíticas. Sin embargo, algunos agentes infecciosos, incluso los virus de la influenza y de la viruela, tienen adaptaciones especiales que les permiten infectar las mucosas orofaríngea y respiratoria. La infección por tales agentes puede, por tanto, resultar no sólo de la inhalación de partículas contaminadas, sino también de la transferencia mano-boca y mano-fosa nasal por contacto con materiales y superficies contaminados.

Las partículas más pequeñas, en el rango de 1–5 μm de diámetro, también pueden quedar atrapadas en los pasajes nasales, pero un porcentaje sustancial de ellas escapará al estancamiento por inercia y pasará más allá de las vías aéreas respiratorias para alcanzar los alvéolos, en donde se pueden depositar por la sedimentación gravitacional. Es aquí, en los aproximadamente 300 millones de alvéolos con una superficie total de área de cerca de 140 m^2 , que la mayoría de los agentes biológicos en cuestión, si se diseminan como aerosoles lo suficientemente finos para que lleguen a los alvéolos, pueden dar inicio a la infección. Debido a sus más bajas velocidades de sedimentación gravitacional, las partículas inhaladas con diámetros inferiores a 1 μm no tienden a depositarse por sedimentación sino que, si no son simplemente exhalados, pueden depositarse de todas maneras sobre las superficies alveolares, gracias a los movimientos brownianos (4).

Por su función en el intercambio de gases, los alvéolos carecen de epitelio ciliar y, por tanto, se encuentran más allá de la superficie mucociliar de las vías aéreas respiratorias. En su lugar, la

limpieza alveolar de partículas insolubles se logra principalmente por medio de las células fagocíticas, los macrófagos alveolares o por los leucocitos polimorfonucleares que son luego fagocitados por los macrófagos alveolares. Los macrófagos que han fagocitado partículas pueden permanecer en el tejido conjuntivo alveolar o, por medio de procesos que no se conocen bien, llegar a las vías aéreas respiratorias y ser removidos de los pulmones por el transporte mucociliar. Las partículas también pueden ser transportadas por los macrófagos o pasar como partículas libres a los ganglios linfáticos regionales, para ser retenidas allí o entrar al drenaje linfático, pasando a través de la gran vena linfática a la corriente sanguínea.

La limpieza alveolar parece tener tiempos medios que oscilan entre horas y días o más, dependiendo de la naturaleza de la partícula. La mayoría de los microorganismos y virus fagocitados por los macrófagos son inactivados y digeridos. Sin embargo, algunos microorganismos están dotados con características que les permite resistir la fagocitosis o sobrevivir o multiplicarse dentro de los macrófagos. Las esporas de *Bacillus anthracis*, por ejemplo, son capaces de germinar en los macrófagos, los cuales pueden transportar las bacterias a los ganglios linfáticos regionales en donde la proliferación y el paso de las bacterias a la corriente sanguínea pueden dar inicio a la infección sistémica.

3.3.2 Piel

Algunos agentes químicos, como el agente líquido VX, son capaces de penetrar la piel y causar efectos sistémicos. Otros, como el agente mostaza ampollante, ya sea como líquido o como vapor, causa más efectos locales y, además, puede hacer los tejidos subcutáneos vulnerables a la infección. Como regla general, entre más delgada, más vascular y más húmeda sea la piel, más propensa a los ataques y a la penetración por tales agentes. La humedad relativa alta favorece la penetración. Como la penetración en y a través de la piel no es inmediata, la remoción de los agentes por medio de lavado, limpieza o descontaminación, si se logra hacer minutos después de la exposición, puede reducir en gran parte los efectos tóxicos de tales agentes.

Aunque las partículas en aerosol no presentan la tendencia a permanecer en las superficies y pueden pasar sobre la piel sin depositarse, excepto quizá por las áreas pilosas, las partículas de mayor tamaño presentes en el rocío o en el polvo más grueso se depositan más eficientemente.

3.3.3 Mucosa oronasal y conjuntiva

Los tejidos mucosos de la conjuntiva y los pasajes nasales son particularmente sensibles al ataque con agentes irritantes y la conjuntiva es especialmente sensible a los agentes que producen ampollas. También, algunos agentes infecciosos, incluso la viruela, la influenza y ciertos otros virus pueden entrar a través de la mucosa oronasal y, quizá, la conjuntiva.

3.3.4 Sistema digestivo

Los agentes biológicos y químicos pueden entrar al sistema digestivo con los alimentos contaminados o el agua potable, por contacto mano-boca después de tocar superficies contaminadas, o al tragar moco respiratorio después de la acumulación de partículas de mayor tamaño del aerosol en la nariz, la garganta y las vías aéreas superiores. De todas las vías de exposición, ésta es la más fácil

de controlar, siempre que se conozcan las fuentes de contaminación (o que, por lo menos, se sospechen). Las medidas sencillas de higiene y el control de los suministros de alimentos y agua potable pueden reducir significativamente el riesgo de exposición. Si se ingieren los agentes químicos, el inicio retardado de los síntomas (en comparación con la exposición respiratoria) y el aumento de la prevalencia de efectos sistémicos en vez de efectos localizados pueden llevar a la conclusión de que las personas afectadas están sufriendo de una enfermedad o malestar general o que hayan estado expuestos a un agente biológico.

Aun los aerosoles no respirables pueden contaminar las provisiones de alimentos o el agua potable a distancias considerables del punto de liberación del agente. Los problemas que se presentan por la contaminación biológica directa de los alimentos, el agua o de otros materiales que se puedan ingerir se cubren en el *Anexo 4*.

3.4 Características de los agentes biológicos

La principal característica de los agentes biológicos definidos en la *Sección 1.3* en las páginas 4 a 5, es su capacidad para multiplicarse en un huésped. Es esto lo que les confiere su potencial de agresividad. La enfermedad resulta de la interacción multifactorial entre el agente biológico, el huésped (incluso su estado inmunológico, nutricional y de salud en general) y el ambiente (es decir, saneamiento, temperatura, calidad del agua, densidad de población). Las consecuencias del uso de agentes biológicos para causar enfermedad reflejan estas complejas interacciones.

Los agentes biológicos se clasifican comúnmente de acuerdo con su taxonomía; los taxones más importantes son los hongos, las bacterias y los virus. Tal clasificación es importante para los servicios médicos debido a sus implicaciones para la detección, la identificación, la profilaxis y el tratamiento. Los agentes biológicos también se pueden clasificar de acuerdo con las propiedades que determinan su utilidad para fines hostiles, como su facilidad de producción o su resistencia a las medidas terapéuticas y de profilaxis. De forma más general, se pueden clasificar según otras características, como su poder de infección, virulencia, periodo de incubación, mortalidad, contagiosidad y mecanismos de transmisión y estabilidad, todas las cuales influyen en su potencial como armas.

El poder de infección de un agente refleja su capacidad para ingresar, sobrevivir y multiplicarse en un huésped, y se puede expresar como la proporción de personas que se infecta en una población dada expuesta a una dosis dada. La dosis que, bajo determinadas condiciones, infecta a la mitad de la población que la recibe se conoce con el término de DI50. Dosis superiores o inferiores a ésta infectan una proporción mayor o menor de la población. Para algunos patógenos, la DI50 puede ser muchos miles o más de células infecciosas o partículas virales, en tanto que para otros puede ser de unas pocas. No se puede descartar que aun una sola célula infecciosa o una partícula viral puedan dar inicio a la infección, aunque, como es natural, con una probabilidad baja.

La **virulencia** es la gravedad relativa de la enfermedad causada por un microorganismo. Diversas cepas de la misma especie pueden causar enfermedades de diferente gravedad. Algunas cepas de *Francisella tularensis*, por ejemplo, son mucho más virulentas que otras.

El **periodo de incubación** es el tiempo que transcurre entre la exposición a un agente infeccioso y la primera aparición de signos de la enfermedad asociados con la infección, periodo que se ve afectado por muchas variables, que incluyen el agente, la vía de entrada, la dosis y las características específicas del huésped.

La **letalidad o mortalidad** refleja la capacidad del agente de causar la muerte en una población infectada. La tasa de mortalidad es la proporción de pacientes reconocidos clínicamente por tener una enfermedad específica que mueren como resultado de dicha enfermedad dentro de un tiempo específico (por ejemplo, durante los brotes de enfermedad aguda).

Una medida de la **contagiosidad** de las infecciones transmisibles es el número de casos secundarios que se originan de la exposición a un caso primario bajo condiciones específicas. Los **mecanismos de transmisión** involucrados pueden ser directos o indirectos. Por tanto, la transmisión puede ser el resultado de un contacto directo entre una persona infectada y una que no lo está, o puede estar mediada por material inanimado que se ha contaminado con el agente, como tierra, sangre, ropa de cama, trajes, instrumentos quirúrgicos, agua, alimentos o leche. También puede existir transmisión secundaria por el aire o por vectores. La transmisión aérea puede darse a través de la tos o de los estornudos, al diseminar gotas de microbios o aerosoles. La transmisión por vectores (primaria o secundaria) se puede presentar por las picaduras de insectos, artrópodos u otros huéspedes invertebrados. La distinción entre los tipos de transmisión es importante cuando se están seleccionando los métodos para controlar el contagio. Así pues, la transmisión directa se puede interrumpir con las prácticas y precauciones apropiadas de higiene individual y con el manejo adecuado de personas infectadas, de personal asistencial y de otros contactos. La interrupción de la transmisión indirecta requiere otros abordajes, como ventilación adecuada, hervir y clorar el agua, desinfección de superficies, lavado de ropas o control de vectores.

La **estabilidad** puede referirse a la habilidad del agente aerolizado para sobrevivir a la influencia de los factores ambientales como la luz solar, la contaminación del aire, las fuerzas de la superficie y el secado, y seguir siendo infeccioso. También se puede referir a la estabilidad durante la producción o durante el almacenamiento.

3.5 Características de los agentes químicos

Como sucede con los agentes biológicos, los agentes químicos se pueden clasificar de diferentes formas según el tipo de características que se quiera estudiar, lo cual conduce a confusiones en su agrupación y denominación en la literatura. Las características más comunes se describen a continuación con el fin de introducir y explicar la terminología de utilización frecuente.

Una forma común de clasificación de los agentes químicos responde al efecto principal que se pretenda obtener, es decir, hostigamiento, invalidez o muerte. Un **agente de hostigamiento** incapacita a las personas durante el tiempo de exposición. Las personas expuestas son plenamente conscientes de la incomodidad causada por el agente, pero usualmente son capaces de resguardarse por sí mismas de la exposición, a no ser que se encuentren temporalmente privadas de la vista o impedidas de alguna forma. Usualmente, se recuperan del todo poco tiempo después del fin de la exposición y no requieren tratamiento médico. Un **agente de invalidez** también incapacita, pero las personas expuestas a él pueden no darse cuenta de su predicamento, como sucede con los

opioides y con ciertos agentes psicotrópicos, o verse impedidas para conducirse normalmente o apartarse del ambiente expuesto. El efecto puede ser prolongado, pero la recuperación puede darse sin ayuda médica especializada. Un **agente letal** causa la muerte de las personas expuestas.

Ésta no es una forma particularmente precisa para clasificar los agentes, ya que sus efectos dependerán de la dosis recibida, de la salud y de otros factores que determinan la susceptibilidad de los individuos expuestos. El gas lacrimógeno (por ejemplo, CS o CN), usualmente clasificado como agente de hostigamiento, puede ser letal si la persona se ve expuesta a grandes cantidades en un espacio cerrado y pequeño. Por otro lado, basta una baja concentración durante un breve periodo para que los agentes nerviosos, frecuentemente letales, incapaciten a los individuos expuestos. Las medidas de protección se pueden dirigir a reducir el nivel del efecto si no es posible la protección total. Por ejemplo, es poco probable que el uso de pretratamiento y de antidotos en una víctima de gases nerviosos le proporcione una «curación» completa, pero sí puede significar la diferencia entre muerte e invalidez.

Otra manera de clasificar los agentes químicos es según su vía de entrada al cuerpo (véase la *Sección 3.3*, páginas 28 a 31). Los **agentes respiratorios** son inhalados y pueden causar daño pulmonar o ser absorbidos y causar efectos sistémicos. Los **agentes cutáneos** son absorbidos a través de la piel y la lesionan (por ejemplo, el gas mostaza) o entran al organismo y causan efectos sistémicos (por ejemplo, los gases nerviosos), o las dos cosas. Un agente puede entrar al organismo por una o las dos vías, dependiendo de sus propiedades físicas o de su fórmula.

Otra clasificación se basa en la duración del peligro. Los **agentes persistentes** siguen actuando en el área expuesta durante periodos prolongados (algunas veces hasta por unas cuantas semanas). Generalmente son sustancias de baja volatilidad que contaminan las superficies y tienen el potencial de lesionar la piel a su contacto. Un peligro secundario es la inhalación de algunos de los vapores que pueden liberar. Los agentes persistentes pueden usarse, por consiguiente, para crear obstáculos, para contaminar sitios o equipamientos estratégicos, para negar el acceso a ciertas áreas, o, finalmente, para causar víctimas. En las áreas contaminadas a menudo se requiere usar zapatos o trajes de protección, usualmente acompañados de protección respiratoria. El gas mostaza y el VX son agentes persistentes. Los **agentes no persistentes** son sustancias volátiles que no permanecen por mucho tiempo en el área expuesta, sino que se evaporan o dispersan rápidamente y pueden, por tanto, usarse para causar víctimas en un área que va a ocuparse poco tiempo después. Generalmente, las superficies no se contaminan y el peligro primordial es el de la inhalación, y sólo secundariamente, la exposición cutánea. Los respiradores son la principal forma de protección. Los vestidos de protección pueden no ser necesarios si las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles de toxicidad para la piel. El cianuro de hidrógeno y el fosgeno son típicos agentes no persistentes.

Finalmente, los agentes químicos a menudo se agrupan de acuerdo con su efecto en el cuerpo; las clases se diferencian, por ejemplo, según el sistema orgánico primario que se afecte con la exposición. Las clases típicas incluyen: agentes **nerviosos** o “gases” (por ejemplo, sarín, VX, VR); **vesicantes** o agentes que causan ampollas en la piel (por ejemplo, gas mostaza, lewisite); irritantes **pulmonares**, asfixiantes o agente asfixiante (por ejemplo, cloro, fosgeno); gases **sanguíneos** o agentes sistémicos (por ejemplo, cianuro de hidrógeno); **irritantes** sensoriales (por ejemplo, CN, CS, CR), y **psicotrópicos** u otros agentes de acción central (por ejemplo, el agente incapacitante BZ y los opioides fentanilo). Este tipo de clasificación fue el utilizado en la *Tabla 3.1* de la página 24.

3.6 Consecuencias del uso de armas biológicas o químicas

3.6.1 *Consecuencias a corto plazo*

A corto plazo, el efecto más importante de las armas biológicas o químicas es el gran número de víctimas que pueden causar, lo que determina la mayoría de las estrategias de preparación. Su capacidad para extenuar los recursos y la infraestructura médicos aumenta por el hecho de que la reacción psicológica, que incluye posible terror y pánico, de la población civil a un ataque biológico o químico puede ser más importante que la causada por un ataque con armas convencionales. Las estrategias de apoyo psicológico combinadas con la comunicación del riesgo son parte integral de los servicios necesarios para manejar la gran cantidad de víctimas expuestas y no expuestas que puede acudir a las instalaciones médicas (véase el *Capítulo 4*). Un ejemplo instructivo sobre la naturaleza de las consecuencias a corto plazo de un ataque urbano con agentes químicos lo constituyen los ataques terroristas de 1994 y 1995 con gas nervioso sarín (véase el *Apéndice 4.2*) en Japón. El episodio de las «cartas con ántrax» en los Estados Unidos a finales de 2001, cuyos autores y motivo siguen aún en el misterio, proporciona luces sobre las consecuencias a corto plazo cuando se diseminan deliberadamente agentes biológicos (véase el *Apéndice 4.3*).

Información más detallada sobre las lesiones a corto plazo causadas por los diversos agentes biológicos y químicos se encuentra en los *Anexos 1, 2 y 3*.

3.6.2 *Consecuencias a largo plazo*

Las consecuencias a largo plazo del uso de las armas biológicas o químicas, incluso los efectos en la salud retardados, prolongados o mediados por el ambiente mucho tiempo después del momento y lejos del lugar del ataque, son más inciertas y menos comprendidas.

Algunos agentes biológicos o químicos tienen el potencial de causar enfermedades físicas o mentales que persisten o que se hacen evidentes meses o años después de que se han usado las armas. Tales efectos se conocen desde hace mucho tiempo y han sido tema de monografías científicas (5–6). Pueden extender el potencial del daño de las armas biológicas o químicas más allá de su blanco inmediato tanto en tiempo como en espacio. Se conoce muy poco sobre los efectos a largo plazo de muchos de estos agentes para poder hacer predicciones confiables.

Tales incertidumbres se trasladan a la planificación de las medidas médicas para enfrentar estos efectos, y es poco más lo que se puede hacer fuera de señalar las diversas posibilidades, que ameritan estudios ulteriores. La experiencia no militar con microorganismos que causan enfermedades o con la presencia de ciertos químicos en el ambiente puede que no sea una guía útil para manejar los efectos de estos mismos agentes bajo condiciones de liberación intencional, en las cuales las cantidades son mayores. Sin embargo, puede ser de utilidad el estudio de los efectos de la exposición ocupacional a químicos. Los insecticidas organofosforados, por ejemplo el metil paratión, son peligrosos para los humanos y tanto los métodos de tratamiento como los probables efectos de la intoxicación a largo plazo pueden semejarse a los de gases nerviosos como el sarín.

Las consecuencias a largo plazo de la liberación de agentes biológicos o químicos pueden incluir enfermedades crónicas, efectos retardados, la endemidad de nuevas enfermedades infecciosas y efectos mediados por los cambios ambientales.

El potencial de aparición de **enfermedades crónicas** luego de la exposición a algunos agentes tóxicos químicos e infecciosos es bien conocido. La aparición de enfermedad pulmonar debilitante crónica en víctimas de la exposición al gas mostaza se informó después de la Primera Guerra Mundial (7), efecto que también se ha descrito en los informes del estado actual de las víctimas iraníes del gas mostaza iraquí durante la guerra Irán–Irak de la década de 1980 (8–9). El seguimiento de las víctimas iraníes ha revelado enfermedad debilitante a largo plazo de los pulmones (bronquitis crónica, bronquiectasias, bronquitis asmática, fibrosis pulmonar, obstrucciones de vías aéreas principales), de los ojos (queratitis tardía con ceguera causada por gas mostaza), y de la piel (piel seca y con prurito, con múltiples complicaciones secundarias, desórdenes de la pigmentación y anomalías estructurales desde hipertrofia a atrofia). Todavía se presentaban muertes por complicaciones pulmonares hasta 12 años después de la exposición (10). La información detallada sobre los efectos a largo plazo causados por otros intoxicantes se presenta en los *Anexos 1* y *2*. Los agentes biológicos, que incluyen algunos de los agentes de particular interés, también pueden causar enfermedades prolongadas. Las infecciones por *Brucella melitensis*, por ejemplo, las cuales son típicamente más graves que la brucelosis por *Brucella suis* o *Brucella abortus*, afectan especialmente los huesos, las articulaciones y el corazón (endocarditis). Son comunes las recaídas, la fatiga, la pérdida de peso, el malestar general y la depresión. Las infecciones por *Francisella tularensis* ocasionan malestar prolongado y debilidad que puede durar muchos meses. Las encefalitis virales pueden tener efectos permanentes en el sistema nervioso central y periférico. En el *Anexo 3* se proporciona más información a este respecto.

Los **efectos retardados** en personas expuestas a ciertos agentes biológicos y químicos, que dependen de la dosis recibida, pueden incluir carcinogénesis, teratogénesis y quizá mutagénesis. Ciertos agentes biológicos y químicos se han asociado fuertemente como causa de cáncer, pero todavía no se sabe si la infección por cualquiera de los microorganismos utilizados como armas biológicas puede ser carcinogénica en humanos y solamente hay información limitada sobre la carcinogénesis de ciertas clases de químicos, principalmente en animales de experimentación. Por ejemplo, algunos químicos de interés particular, como el gas mostaza, son agentes alquilantes y se ha encontrado que muchos de ellos son carcinógenos. Mientras la evidencia que sugiere la carcinogénesis después de una única exposición aguda a la mostaza de azufre es equívoca, existe buena evidencia sobre el aumento significativo de cáncer del tracto respiratorio entre trabajadores luego de exposiciones prolongadas a dosis bajas en fábricas que producen gas mostaza (11). Los experimentos con animales y los datos epidemiológicos de poblaciones humanas muestran que la incidencia de carcinogénesis química originada por muchos carcinógenos depende de la duración de la exposición. Por consiguiente, se espera que las exposiciones únicas sean mucho menos carcinogénicas que meses o años de exposición a la misma dosis total. Ciertos químicos y agentes infecciosos pueden causar daños graves al feto humano en desarrollo, la talidomida y el virus de la rubéola son ejemplos particularmente bien conocidos. No se sabe si alguno de los agentes químicos y biológicos específicos aquí considerados tiene efectos teratogénicos con las dosis a las que pudieran estar expuestas las mujeres embarazadas en caso de un ataque. Se ha prestado poca atención a la posibilidad de que agentes químicos y biológicos conocidos puedan causar mutaciones dañinas susceptibles de ser heredadas. Se ha informado que varios químicos causan tales cambios en animales de experimentación y células humanas en cultivo.

Si se usan agentes biológicos para causar enfermedades que no son endémicas del sitio atacado, la **enfermedad puede hacerse endémica**, ya sea en poblaciones humanas o en vectores ade-

cuados, como los artrópodos, y otros huéspedes no humanos, como roedores, aves, equinos o ganado vacuno. Las esporas de *B. anthracis* son altamente resistentes a la degradación ambiental y pueden permanecer, sobre todo en la tierra, por largos periodos. Al infectar y reproducirse en animales pueden establecer nuevos focos. Los microbios que causan infecciones gastrointestinales en humanos, como *Salmonella* y *Shigella*, pueden establecer reservorios permanentes. Las cepas de *Salmonella* pueden hacer lo mismo en animales domésticos. Una preocupación particular sería una liberación intencional del virus de la viruela, ya que podría causar el resurgimiento de esta enfermedad, erradicada en su forma natural en la década de 1970 con especial beneficio para los países en vías de desarrollo.

Por último, existe la posibilidad de los **efectos mediados por cambios ambientales**. Se pueden establecer nuevos focos de la enfermedad en humanos y animales como resultado de los cambios ambientales causados por el uso de agentes biológicos infecciosos o como resultado del uso de agentes contra las plantas. Éstos pudieran tener efectos adversos a largo plazo en la salud humana por la reducción en la calidad y en la cantidad del suministro de alimentos derivados de las plantas y los animales. También podrían tener un importante impacto económico, ya sea por los efectos directos en la agricultura o a través de efectos indirectos en el comercio y el turismo.

La conclusión general que se puede sacar del anterior análisis es que existen grandes dificultades asociadas con la evaluación de los efectos a largo plazo de la exposición a los agentes químicos y biológicos. Las variables de confusión pueden afectar los resultados de los estudios y dificultar la distinción entre los verdaderos efectos a largo plazo de la exposición y la aparición de los mismos síntomas por otras causas. Los datos conflictivos y los resultados inconclusos a menudo hacen imposible llegar a conclusiones definitivas.

Un ejemplo de la dificultad para determinar efectos a largo plazo causados por exposición química lo proporcionan las investigaciones en curso en torno a los problemas médicos aparentemente generados por el herbicida Agente Naranja en personas expuestas durante la década de 1960 y comienzos de la de 1970, cuando el químico fue ampliamente utilizado en la guerra de Vietnam (12). Las investigaciones le han puesto especial atención al contaminante 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina (TCDD), que se produce durante su fabricación y permanece en el ambiente, es detectable a niveles elevados en muestras de lípidos y grasa corporal y es altamente tóxico para ciertos animales de experimentación. En un ejemplo más reciente, y con menos evidencia científica sobre una relación causa-efecto, la exposición a varios tipos de químicos se cuenta entre los muchos factores sugeridos como causa potencial del así llamado «síndrome de la guerra del Golfo». En ambos casos se aduce que un amplio rango de síntomas y efectos adversos a largo plazo (inclusive carcinogénesis, teratogénesis y una amplia gama de síntomas somáticos y psicológicos inespecíficos) se explican por la exposición a agentes químicos, entre otras posibles causas (13). A pesar de las intensas investigaciones, todavía no se han encontrado explicaciones definitivas en ninguno de los casos.

3.6.3 Aspectos de la guerra psicológica

Aparte de su habilidad para causar lesiones físicas y enfermedades, los agentes biológicos y químicos se prestan para la guerra psicológica (término militar para los ataques a la moral que incluyen

generar terror) debido al horror y al miedo que pueden inspirar. Aun si los agentes no se usan realmente, el temor que suscitan puede causar alteraciones, inclusive pánico. La exacerbación de tales efectos se puede esperar de los recuentos exagerados sobre las armas biológicas y químicas que se hacen en algunos círculos. La gente puede entender mejor los efectos nocivos de las armas convencionales que los de los materiales tóxicos o infecciosos.

El surgimiento y la diseminación de sistemas de distribución con misiles de largo alcance han incrementado la vulnerabilidad a los ataques biológicos o químicos en las ciudades, donde la protección de la población puede parecer más difícil, y esto, a su vez, ha aumentado el potencial de la guerra psicológica. Esto se demostró en Teherán durante la «guerra de las ciudades», en la etapa final de la guerra Irán-Irak de la década de 1980, cuando la amenaza – que nunca se hizo realidad – de que se podían utilizar misiles para enviar agentes químicos causó mucha mayor alarma que la que originaron las ojivas altamente explosivas que sí se utilizaron. Un ejemplo posterior se evidenció durante la guerra de Kuwait de 1990 a 1991, cuando se temió que los misiles Scud dirigidos a las ciudades israelíes pudieran ir cargados con ojivas químicas. Además del personal militar y el civil de defensa, a muchos civiles se les entregó equipo de protección antiquímica y se les entrenó en procedimientos para su defensa. Fueron considerables las alteraciones, ya que los ataques con misiles se consideraban químicos hasta que se comprobaba lo contrario, a pesar de que Irak en realidad no utilizó ojivas químicas.

3.7 Evaluación y conclusiones

Este capítulo ha presentado una introducción de la amplia gama de agentes químicos e infecciosos que se podrían utilizar con fines hostiles. Ha propuesto que un grupo relativamente pequeño de agentes, identificado a través del proceso de evaluación descrito, debe constituir el foco de las medidas de protección, con lo que se concluye que la preparación es posible prácticamente para todos los agentes.

De los diversos métodos disponibles para la liberación de agentes biológicos y químicos, el mayor riesgo lo entraña su diseminación en forma de aerosoles o, para algunos químicos, como vapor. El equipo de protección respiratoria y los medios para predecir la potencial diseminación del agente por el aire permiten tomar medidas oportunas de protección en las áreas que pueden resultar afectadas.

La exposición de la piel es un problema que se relaciona más que todo con los agentes químicos y que usualmente sólo se presentaría en la vecindad inmediata del sitio de liberación. En este caso, los trajes protectores son un elemento importante de protección. Se puede requerir la protección de la piel contra la exposición directa a líquidos y a concentraciones altas de vapores. Si existe un riesgo de vapores, también se requerirá protección respiratoria con el uso de filtros de adsorción y en algunos casos puede ser eficaz la evacuación de las personas del área de riesgo.

Al entender las propiedades generales y las consecuencias potenciales del uso de agentes biológicos y químicos, se puede lograr un abordaje equilibrado para la preparación. Un programa de preparación debe hacer provisiones no sólo para la contingencia inmediata, sino también para las posibles consecuencias a largo plazo.

Bibliografía

1. Khan AS, Morse S, Lillibridge S. Public-health preparedness for biological terrorism in the USA. *Lancet*, 2000, 356, 1179–1182.
2. Kireev AF et al. Identification of alkylphosphonic acid derivatives by IR and mass spectrometry. *Journal of Analytical Chemistry*, 2000, 55(9):837–845.
3. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. *OPCW Annual Report 2000*. The Hague, OPCW, 2001, 58; and, for 2001, OPCW document C-7/3 dated 10 October 2002.
4. Heyder J et al. Deposition of particles in the human respiratory track in the size range of 0.005–15 μm . *Journal of Aerosol Science*, 1986, 17(5):811–825.
5. Lohs K. *Delayed toxic effects of chemical warfare agents*. Stockholm International Peace Research Institute Monograph. Stockholm, Almqvist & Wiksell International, 1975.
6. Committee on Toxicology, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, National Research Council. *Possible long-term health effects of short-term exposure to chemical agents*. Vol. 3. *Final report: current health status of test subjects*. Washington, DC, National Academy Press, 1985.
7. Papirmeister B et al. *Medical defence against mustard gas: toxic mechanisms and pharmacological implications*. Boca Raton, FL, CRC Press, 1991, 26.
8. Emad A, Rezaian GR. The diversity of the effects of sulfur mustard gas inhalation on the respiratory system 10 years after a single, heavy exposure. *Chest*, 1997, 112:734–738.
9. Emad A, Rezaian GR. Immunoglobulins and cellular constituents of the BAL fluid of patients with sulfur mustard gas induced pulmonary fibrosis. *Chest*, 1999, 115:1346–1351.
10. Keshavarz S (Director, Baghiyat'ollah Hospital, Teheran), comunicación personal.
11. Pechura M, Rall DP, eds. *Veterans at risk: the health effects of mustard gas and lewisite*. Washington, DC, National Academy Press, 1993.
12. *Veterans and agent orange: health effects of herbicides used in Vietnam*, Washington, DC, US Institute of Medicine, National Academy Press, 1994.
13. Fulco CE, Liverman CT, Sox HC, eds. *Gulf war and health. Vol I, Depleted uranium, sarín, pyridostigmine bromide, vaccines*. Washington, DC, National Academy Press, 2000.