

Uso militar de los agresivos microbiológicos

M. Domínguez Carmona¹, M. Domínguez de la Calle²

RESUMEN

Los autores exponen los elementos necesarios a tener en cuenta frente a una amenaza de agresión microbiológica, modificables a medida que avanzan los conocimientos científicos y, sobre todo los tecnológicos, con objeto de poder establecer una defensa ante la posibilidad de uso de esas armas frente a las cuales correspondería un papel básico al Cuerpo de Sanidad Militar.

PALABRAS CLAVE: guerra biológica - guerra microbiológica - agresivos microbiológicos

Med Mil (Esp) 1996;52 (3): 257-264

INTRODUCCIÓN

Entendemos como agresivos microbiológicos aquellos microorganismos (bacterias, virus, protozoos y hongos) que utilizados por un enemigo pueden, al multiplicarse en el hombre, —y por extensión en animales e incluso plantas— provocar enfermedades infecciosas que determinan incapacidad e incluso la muerte: pueden causar epidemias, con la consiguiente desorganización del adversario, originan pánico y anulan la resistencia. Debido a su naturaleza son bioespecíficos, es decir sólo afectan a la especie o especies sensibles, sin alterar ni destruir el resto del entorno, al contrario que las armas explosivas y las nucleares. La característica de la multiplicación del agente en el organismo excluye del concepto de agresivo microbiológico el empleo de toxinas, como la botulínica, que aunque de procedencia microbiológica son productos tóxicos que no se reproducen en las personas afectadas. Su inclusión como agresivos biológicos no es puramente conceptual, ya que tiene gran interés práctico pues las prohibiciones internacionales son más estrictas contra los agresivos biológicos que frente a los químicos. El Reglamento Español de Defensa ABQ los consideraba como agresivos biológicos. La Convención de 1971 prohibió el desarrollo, producción y almacenamiento de las armas bacteriológicas y toxinas y la Convención de Ginebra de 1972 sobre «Armas biológicas», ratificada por unos cien países, incluidos los de la OTAN y los del Pacto de Varsovia, las incluye como tales. El término biológico incluiría el uso de animales como elemento agresivo y por ello preferimos la expresión de guerra microbiológica.

Los agresivos microbiológicos, a diferencia de los químicos, tienen efectos tardíos, de muy difícil control y pueden causar alteraciones ecológicas importantes.

Aparte de interesantes episodios históricos no se han empleado nunca en las guerras modernas. La probabilidad de su uso es pequeña pero no desdeñable. Churchill en la II Guerra Mundial estaba decidido a usar agresivos microbiológicos sólo si fuera asunto de vida o muerte para su país y si fuera capaz de acortar la guerra un año. Después de la II Guerra Mundial las grandes potencias dedicaron bastante atención a estos agresivos y los soviéticos continuaron con los trabajos emprendidos por los alemanes en Poznan; es bien conocida la epidemia de Sverdlovsk, ciudad cerrada a los extranjeros, situada en la región industrial de los Urales, que estalló en abril de 1979 producida por el *B. anthracis* que afectó al hombre y a los animales. Por su parte los Estados Unidos fundaron varios centros, entre ellos el muy importante de Fort Detrick.

No ha sido lo horroroso del uso de agresivos microbiológicos ni la existencia de convenios o protocolos internacionales los que han impedido el empleo de los agentes biológicos pues aquéllos solo tienen valor en tanto sean útiles o al menos convenientes a los contendientes, por lo que no puede desecharse su posible empleo. Son sólo las razones de eficacia y de riesgo propio (epidemias, rechazo internacional, etc.) las que han determinado hasta ahora su no utilización pero se sabe que existen importantes centros y depósitos de agresivos microbiológicos en varios países. Así por ejemplo el gobierno de Sadam Hussein reconoció haber probado armas microbiológicas antes de la Guerra del Golfo habiendo montado en la ciudad de Salman Pak un laboratorio de investigación microbiológica con fines militares que había producido 6.000 litros de cultivo de bacilo carbuncoso, 14.000 de toxina botulínica y 16 bombas con aflatoxina. En diciembre de 1990, un mes antes del inicio de la Guerra del Golfo, Irak había desplegado en aeropuertos y en bases militares unas 200 armas biológicas (conteniendo esporas de *B. anthracis*, aflatoxina y toxina botulínica) en misiles de largo alcance y en bombas de aviación. En previsión de un agresión con estos agresivos, se vacunó a parte de las tropas de la Coalición Internacional contra algunos gérmenes, entre ellos el *B. anthracis*. Sadam Hussein se comprometió a la destrucción de estos agresivos (así como los químicos) pero el presidente de la Comisión de NU, Rolf Ekeus, informó al Consejo de Seguridad de NU —el 26 de agosto de 1985— de su gran preocupación de que “algunos agentes biológicos puedan estar escondidos”.

¹ Cor San. Med (R). Catedrático

² Médico

Departamento de Salud Pública e Historia de la Ciencia.
Facultad de Medicina, UCM. Madrid.

Dirección para la correspondencia: Prof. M. Domínguez Carmona.
Departamento de Salud Pública e Historia de la Ciencia.
Facultad de Medicina. UCM. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

Fecha de recepción del manuscrito: 8 de julio de 1996

Fecha de aceptación del manuscrito: 16 de julio de 1996

Puede preverse el empleo táctico de los agresivos biológicos sobre agrupamientos de combatientes, especialmente contra los que están concentrados para atacar, cabezas de desembarco naval o aéreo, bases y unidades de reserva y apoyo o de reclutamiento y descanso, así como contra centros logísticos y vías de comunicación sobre guerrilleros. Sin embargo su empleo estratégico tendrá mejores resultados, dada la latencia de su actuación en puertos, nudos de comunicaciones, refinerías y complejos industriales, en zonas de estacionamiento de misiles y sobre todo en las ciudades.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ARMAS BIOLÓGICAS EN OPERACIONES MILITARES

Desde el punto de vista militar, un agresivo biológico debe reunir las siguientes características:

1. Facilidad de producción masiva y almacenaje. En teoría, como los microorganismos se pueden reproducir en el organismo humano, bastaría la entrada de un solo germen virulento para provocar la enfermedad. Naturalmente esta probabilidad depende, entre otros factores, de la cantidad de microorganismos que se diseminan en el medio (agua, alimentos, aire), de su resistencia a los factores ambientales y de la cantidad de medio de diseminación que penetra en el organismo sensible. Por ello, para poder utilizar un agresivo microbiológico en guerra es necesario disponer de suficiente cantidad en condiciones apropiadas de infecciosidad y virulencia hasta el momento de entrar en el organismo humano. Para ello se necesita disponer de personal técnico cualificado, para la investigación, producción, almacenado y empleo.

Los agresivos biológicos son fáciles de producir (no necesitan infraestructura compleja) y de enmascarar su producción. Son baratos, tanto en su producción como en su empleo. Por cada 1.000 unidades monetarias necesarias para producir un arma convencional se necesitarían 400 para un arma nuclear con la misma actividad, 300 para el arma química y 0,5 para la biológica.

2. Posibilidad de causar efectos de diversa gravedad. La virulencia depende del agente y de la sensibilidad del hospedador. Así, la transmisión de un agente microbiológico puede causar desde cuadros inaparentes en los que sólo se presenta la huella de la presencia del agente o de sus componentes por la respuesta inmune específica, hasta cuadros clínicos de diversa gravedad, incluida la muerte. Hay pues una gran inconstancia en los resultados de una agresión biológica. Se puede disponer de una amplia panoplia de agentes en cuanto a virulencia: desde infecciones discretas —como la Fiebre Q o la encefalitis equina venezolana— hasta infecciones con elevada letalidad —como el Bacillus anthracis y la P. pestis—, o bien elegir el grado de infecciosidad que lógicamente se prefiere alto, resistencia en los diversos medios y condiciones, sensibilidad a quimioterápicos, etc.

Es conveniente, para garantizar el éxito de la agresión utilizar microorganismos con dosis infectantes (DI) bajas. Es difícil establecer la dosis infectante de un microorganismo ya que los datos disponibles se basan en inoculaciones a animales en condiciones estándar y porque la DI depende mucho del sistema de diseminación, de las condiciones del medio ambiente, el tiempo que permanezca el agente en éste, etc.

Para cada agente diseminado por un medio concreto, v.gr. como aerosol, con puerta de entrada aérea y actuando sobre un determinado animal de laboratorio se ha establecido la relación entre diversas dosis infectantes, como la DI_{95} , la DI_{50} y la DI_5 , así como el número de gérmenes que penetran en la persona. Militarmente, y en especial para la defensa, es importante conocer la proporción de afectados para cada dosis de agresivo recibida. En general se dispone de la “dosis infectante cincuenta” (DI_{50}). La DI_{50} por inhalación de la F. tularensis es 25 y la de la P. pestis 1.000.

Para un adecuado empleo de los agresivos microbiológicos se necesita disponer de tablas que expresen la proporción de infectados según la dosis recibida, como la adjunta, referida a la S. typhi con entrada oral (tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de enfermos en función de la dosis recibida

Unidades formadoras de colonias	Porcentaje de enfermos
10^9	95
10^8	88
10^7	47
10^6	30
10^5	10
10^4	3
10^2	0,4
10^1	0,005

La dosis infectante y la letal es tanto mayor cuanto menor es el calibre de las partículas en las que está incluido el agente.

La relación de las bajas por incapacidad y las debidas a la muerte de los afectados varía mucho según el agente y las circunstancias de todo tipo. La asociación de microorganismos o de éstos con vectores o bien con agentes químicos que rebajen la resistencia a la infección o que faciliten la entrada cutánea son posibilidades a tener en cuenta.

3. Permite el ataque por sorpresa. Los medios de diseminación, como helicópteros o aviones en vuelos rasantes o misiles, son fácilmente detectables pero otros medios, como disparos de artillería poco sonoros o de cabezas de combate que liberen su contenido haciendo poco ruido (las explosiones son de baja intensidad, el silbido al salir el aerosol del contenedor poco intenso, etc.) y fáciles de ocultar. Además, el lugar de diseminación puede estar lejos del objetivo. A menudo es difícil establecer la alarma precoz, el agresivo no se detecta con los sentidos, de modo que la identificación del agente requiere un cierto tiempo en el laboratorio. La identificación del agente se puede demorar si se disemina en liposomas o en microcápsulas.

4. Los efectos que causa no son inmediatos. Las armas biológicas, a diferencia de la mayoría de las químicas, producen sus efectos después de una latencia (incubación) que varía de uno a tres días para algunos agentes —como el virus gripal— a una a nueve semanas para otros —como la B. melitensis o la C. burneti. El empleo de artrópodos alarga la latencia. Esta propiedad limita mucho el empleo de estos agresivos con fines tácticos pero también perturba la defensa.

Tabla 2. Valores de la dosis infectante 50 y de K de diversos agentes infecciosos, para una temperatura de 0 a 20°C

Agente productor	Dosis infectante 50 o DICT o DIO	Valor de K
Encefalitis equina venezolana	10.000 D150 (cavia)	0,3
Encefalitis por garrapatas	10.000 DICT50	0,3
Fiebre amarilla	10.000 DIO50	0,3
Gripe	10.000 DIO50	0,3
Tifus exantemático	5.000 DIO50	0,1
Fiebre purpurada de las Montañas Rocosas	5.000 Gérmenes	0,1
Fiebre Q	100 Gérmenes	0,1
Brucelosis	10.000 Gérmenes	0,02
Peste	10.000 Gérmenes	0,02
Tularemia	250 Gérmenes	0,02
Carbunco	100.000 Esporas	0,001

(DICT Dosis infectante sobre cultivos tisulares y DIO Dosis infectante en embrión de pollo).

El período de incubación no es predecible con exactitud, pues depende de la virulencia del germen, de las condiciones ambientales favorables y de la susceptibilidad del receptor. Este período permite establecer, si se sospecha o conoce la agresión, disponer las medidas oportunas para contrarrestar sus efectos.

5. Contagiosidad. En la elección de un determinado microorganismo es importante conocer el grado de contagiosidad interpersonal, con objeto de prevenirse y con el de provocar o impedir el desarrollo de una epidemia, como se señalará después. El principal escollo para el empleo de estos agresivos es precisamente la posibilidad de provocar una epidemia de difícil control. Si la enfermedad sólo se puede diseminar naturalmente por medio de artrópodos se puede limitar la extensión de la enfermedad si no existen en el medio las condiciones necesarias para su hábitat o si se dispone de insecticidas adecuados para su destrucción en el momento deseado.

6. Resistencia a los medios de diseminación y cierta supervivencia en el medio ambiente. Es el factor limitante del empleo de agresivos microbiológicos. En un medio cualquiera, desde un caldo nutritivo al aire o en el autoclave, el número de gérmenes que sobreviven al cabo de un cierto tiempo es:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Kt}$$

N= Número de gérmenes que perviven al cabo de "0" (inicial) y "t" minutos. K= Constante específica de cada germen, calculada experimentalmente. Así por ejemplo, el B. anthracis tiene una K de 0,001 de modo que 100 gérmenes al cabo de 60 minutos sobrevivirán.

$$N_{60} = 100 \cdot e^{-0,001 \cdot 60} = 94,3$$

En cambio la K del virus de la encefalitis equina venezolana es 0,3 de modo que de cada 100 gérmenes viables, a los 5 minutos sólo quedan 22, a los 10 minutos 5, y a los 30 minutos 0,01.

El valor de K difiere mucho entre los diversos microorganismos. Las esporas como las del B. Anthracis resisten mucho en el medio ambiente, sin embargo los no esporulados, aun más los virus, tienen una elevada tasa de extinción. La adición de estabilizadores a los aerosoles biológicos

enlentece la descomposición de los microorganismos. Pero el problema de la supervivencia se complica si tenemos en cuenta el periodo de almacenamiento previo a su uso y aunque las técnicas del frío aumentan los márgenes de conservación, el mantenerlos hasta el mismo momento de la diseminación en ambiente frío es un grave inconveniente. Por otro lado, la acción mecánica del medio de diseminación —como pequeñas bombas, aerosoles...— contribuye también a la destrucción del agente.

Un grupo de estudio de la OMS publicó en 1970 los resultados de varios trabajos sobre los valores de la dosis infectante y de k para una temperatura entre 0 y 20°C con una humedad relativa de 65, al aire libre y en un ataque de noche, de una serie de agentes utilizables en guerra (tabla 2).

La supervivencia es función del tiempo y la tabla 3 nos da, para cada valor de k la cifras de supervivencia entre un minuto y dos días.

7. Sensibilidad a los quimioterápicos. No es previsible que en una agresión biológica se empleen microorganismos sensibles a quimioterápicos disponibles por el enemigo, pero no hay que olvidar la posibilidad de provocar variantes resistentes de gérmenes habitualmente sensibles. Es posible el empleo de gérmenes sensibles a un quimioterápico si este medicamento es caro, difícil de obtener, de aplicar o tiene efectos adversos frecuentes y graves.

8. Sólo actúan sobre personas no inmunes. El efecto depende de la inmunidad individual y colectiva de la población que recibe sus efectos. No se utilizarán microorganismos frente a los cuales el enemigo esté inmunizado.

9. Empleo sobre animales y plantas. Pueden emplearse directamente contra el hombre pero también sobre las plantas y animales. Como agentes con acción exclusiva contra el animal tenemos las víricas: glosopeda, pleuroneumonía bovina, fiebre aftosa, cólera porcino, pestes aviar y bovina, estomatitis vesicular, exantema vesicular, pero también enzoóticas para afectar al hombre y a los animales como las encefalitis equinas, la fiebre del valle del Rift, las bacterianas, carbunco, brucelosis, tularemia, melioidosis, muermo, fiebre Q, tifus exantemático, psitacosis, etc., además de las micóticas aspergilosis, coccidiomycosis y la histoplasmosis. Es posible el empleo de agresivos microbiológicos para crear focos enzoóticos.

Para provocar el hambre serían utilizables hongos y gérmenes parásitos de plantas. Entre los que se barajan, tenemos el

Tabla 3. Cifras de supervivencia en función del tiempo y los valores de "k"

Tiempo	Valores de "k"				
	0,0003	0,001	0,005	0,05	0,2
1 minuto	99,97	99,9	99,9	95	80
5 "	99,85	99,5	97,5	74	33
10 "	99,70	99,0	95,1	60	11
15 "	99,55	98,5	92,8	46	4
20 "	99,40	98,0	90,5	36	1
30 "	98,10	97,0	86,0	21	0,1
1 hora	98,2	94,2	74,0	5	< 10 ⁻⁵
2 "	96,5	88,7	54,8	0,2	
3 "	94,7	83,5	40,6	< 10 ⁻⁵	
5 "	91,4	74,1	22,2		
10 "	83,5	54,9	4,9		
20 "	69,8	30,1	0,2		
40 "	48,7	9,1	< 10 ⁻⁵		
80 "	23,7	0,8			
160 "	5,6	< 10 ⁻⁴			
240 "	1,3				
360 "	0,2				
480 "	0,02				

bacilo de la grasa de las judías que se transmite por fómites y por artrópodos. Se desarrolla en las semillas y en sus vainas formando unas manchas de aspecto graso. El B. campestre, transmitido por el agua y por artrópodos, que destruye las raíces de las crucíferas. En cambio el Bacilo de la podredumbre de la patata afecta a este tubérculo almacenado sin atacar a la planta. El B. solanacearum causa el "brown rot" que asola los cultivos de patatas, tabaco, leguminosas, tabaco, etc. El cáncer bacteriano del tomate se transmite por el aire y pasivamente por artrópodos y afecta a patatales y tomatales. Su uso sería tanto más grave cuanto más dependiente sean los habitantes de la zona afectada de los respectivos cultivos; el problema puede ser gravísimo si se trata de monocultivos como el arroz o la patata.

Los agresivos biológicos se pueden utilizar para contaminar el terreno, dejándolo impracticable para cultivarlos o para sustentar operaciones militares sin protección específica. Un misil o un avión pueden contaminar miles de kilómetros cuadrados. El empleo de artrópodos infectados permite aumentar la persistencia en el terreno si éste reúne condiciones de hábitat adecuados. El uso de garrapatas perpetua aún más muchas infecciones pues los agentes pasan a sus huevos. El uso de estabilizadores, mutantes, puede aumentar la persistencia en el suelo.

Los agresivos microbiológicos pueden alterar el ambiente provocando focos enzoóticos como la rabia, haciendo desaparecer o disminuir especies reguladoras de otras, limitando las bases nutricias, o induciendo cambios genéticos de la flora, incluida la microbiológica, y la fauna.

10. No tienen efecto sobre los bienes inanimados. No destruyen material y estructuras. Los agresivos microbiológicos, como los químicos, no atacan a los bienes materiales, aunque los pueden contaminar dejándolos inutilizables hasta después de descontaminarlos.

11. Fácil protección propia y difícil para el enemigo. Además de las características dichas antes, el agresivo ideal

sería aquel para el que el agresor dispusiera de vacuna y no el agredido.

12. Gran efecto psicológico. La finalidad de todos los agresivos es romper la capacidad de ataque y de defensa, es decir lograr el derrumbe psicológico del adversario. Los agresivos NBQ lo logran. En el caso de los microorganismos, son más eficaces aquéllos que producen cuadros aparatosos, con sintomatología espectacular como dolores, vómitos, tos, espasmos, diarrea.

13. Creación de variantes con propiedades diferentes de las cepas silvestres. La ingeniería genética no es capaz, al menos por ahora, de crear una especie nueva pero sí puede, con bastante facilidad, modificar por mutaciones o por transferencia genética de genes procedentes de otros organismos desde virus al hombre mediante procesos de transformación, transducción, transfección, conversión o conjugación. El uso de fagos o de plásmidos como vectores facilita el intercambio de genes. Los microorganismos se pueden hacer más infecciosos, virulentos, resistentes y más difíciles de identificar o de inmunizar frente a ellos etc. Las bacterias tienen "regulones" que son genes que intervienen en la supervivencia. La E. coli, por ejemplo, dispone del sistema SOS, formado por 17 genes que se expresan cuando se lesiona el ADN de la bacteria, impiden la replicación celular y reparan el ADN; la proteína reguladora de HTP es una subunidad llamada sigma 32 que reemplaza a la sigma-70 de la ARNp haciendo que esta enzima sea capaz de reconocer a los promotores específicos de los genes de choque térmico. Hay genes que aumentan la resistencia a la presión osmótica, al pH, a la oxidación, a la acción de metales tóxicos, etc. En enero de 1986 se comenzó a utilizar en EE.UU. virus de la pseudorabia porcina al que se le había extraído un gen, el primer virus alterado genéticamente, para desproveerlo de patogenicidad para proteger a los cerdos de esta epizootia pero en abril de dicho año el Ministerio de Agricultura retiró la licencia y prohibió la venta por el riesgo de su diseminación por el ambiente.

MEDIOS DE DISEMINACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

Los agentes microbiológicos, para ser utilizados en la guerra, han de poderse poner en contacto con el enemigo utilizando el o los mecanismos de la cadena epidemiológica natural o diferente (uso de la vía aérea por ejemplo para diseminar la *R. prowazekii* para que alcancen alguna o varias puertas de entrada, en particular la aérea y la conjuntival). La utilización de agresivos microbiológicos presupone introducir en el organismo del adversario el o los agentes decididos. El uso de varios microorganismos o el empleo mixto de agresivos químicos y biológicos aumenta el número de bajas, dificulta la identificación del agresivo, el tratamiento y la profilaxis.

Se han ideado múltiples métodos que podrían ser utilizados como medios de diseminación de agentes patógenos. Un buen método sería el uso de vectores de artrópodos vectores, como vehículos de infección, para obviar los inconvenientes de la diseminación, es decir la exposición, que soslayaría los efectos del ambiente sobre los frágiles agentes. Igualmente se puede contaminar el agua o alimentos arrojando por cualquier medio (por sabotajes, por bombas, etc.) recipientes conteniendo los gérmenes. Los sabotajes podrían tener éxito en acciones limitadas sobre depósitos y canalizaciones de agua que causarían epidemias hídricas de tipo holomíantico, afectándose entre el 60 y el 90 por 100 de la población, según su estado inmunitario y los fallos en la depuración.

Esta amenaza obliga a la vigilancia militar de los abastecimientos de agua y a una hipercloración con aumento del costo, mal sabor del agua y riesgos de que se formen sustancias cancerígenas en el agua. Una persona que bebiera 50 ml de agua de un depósito de un millón de litros de capacidad, sufriría una grave infección o intoxicación si se hubieran introducido en él 50 g de salmonella, 0,5 de toxina botulínica y 0,7 de la estafilocócica. En 1975 el Gobierno de la República Federal Alemana cedió a las exigencias de los chantajistas que amenazaron con contaminar los depósitos de agua con esporas de carbunco y con toxinas botulínicas lo que, de haberse llevado a cabo, hubiera provocado una catástrofe. Los sabotajes se podrían también efectuar sobre centrales alimenticias como las de higienización de la leche o sobre centrales de climatización de edificios o fábricas. También se pueden contaminar almacenes de alimentos, mataderos, fábricas alimenticias —especialmente las lácteas—, cuarteles y grandes edificios.

El medio que se piensa será más utilizado es la diseminación aérea de aerosoles para que el microorganismo, sea cual fuera su puerta de entrada natural, lo haga sobre la conjuntiva y especialmente sobre las vías respiratorias. También se diseminaría a través de polvo de suspensiones de microorganismos liofilizados y luego dispersados por explosiones que los podrían llevar a distancia aunque con gran pérdida de su carga, lo que podría convertirla en ineficaz. Se pueden emplear botes, sprays (en sabotajes en locales o introduciéndolos en las entradas de aire acondicionado en el interior de edificios). El diámetro de las partículas del aerosol hace variar la dosis infectante y si son muy pequeñas pueden ser espiradas de nuevo y si fueran grandes pueden ser filtradas por la nariz...

El agresivo puede dirigirse en el medio exterior dejando al viento que lo lleve hacia el enemigo. Las nubes de aerosoles pueden penetrar en edificios y en fortificaciones y afectar a las

personas que están en su interior o bien liberándolo más o menos alejado del objetivo, en la dirección del viento, que será encargado de transportarlo hasta el objetivo. Se consigue una mayor sorpresa en el ataque, o bien indirectamente, dejando que el viento lo transporte. A lo positivo de la gran superficie afectada y del secreto, hay que señalar, como contrapartida, la servidumbre que representa la influencia de muchos factores atmosféricos, en especial el viento. La diseminación de un microorganismo como aerosol es el medio más eficaz, pues se hace de modo inaparente para los sentidos y permite la entrada en las vías respiratorias por medio de bombas o dispersión mecánica.

Pueden emitirse desde uno o desde varios puntos múltiples. La diseminación puede ser enorme como lo demuestra esta experiencia efectuada no con gérmenes sino fino polvo de 2 micras de diámetro de cloruro de cadmio y de zinc fluorescente desde un barco situado a 16 km de la costa que dispersó 200 kg de esos productos en su recorrido de 250 km; contaminó unos 20.000 km² estratégicos. De modo semejante, entre el 20 y el 26 de mayo de 1960 un dragaminas lanzó en la bahía de San Francisco, por fuera del puente de Golden Gate, un aerosol que contenía *Bacillus globigii* y *Serratia marcescens* que determinó que casi todos los habitantes de la ciudad recibieran 500 gérmenes por minuto y litro de aire inspirado. Un hecho interesante es que la *S. marcescens*, tenida por saprofita, provocó un brote de neumonía con el fallecimiento al menos de Edward Nevins por sepsis por ese germen que motivó una reclamación de sus descendientes a los 19 años cuando se hizo pública esta experiencia.

Al diseminarse en el aire, los gérmenes van a sufrir los efectos de la dispersión por los vientos y por las corrientes de convección, así como la acción esterilizante de los ultravioleta del sol (más riesgo de empleo por la noche o en días nublados), la temperatura y humedad relativa del aire. En general, los gérmenes patógenos para el hombre son mesófilos, por lo que a temperaturas entre -12 a 4°C tienen muy disminuidas sus exigencias metabólicas y se conservan largo tiempo. En cambio, a temperaturas mayores, como suelen ser las de los medios en los que se diseminan, favorecen la desecación; si se trata del aire son disgenésicas y favorecen su destrucción. La humedad relativa del aparato o sistema dispersante y la del aire es muy importante; si es alta, se favorece la diseminación y supervivencia de los gérmenes. Si se disemina polvo conteniendo los microorganismos se favorece la infecciosidad con una humedad relativa inferior al 85%. Las irregularidades del suelo, la vegetación, como ocurre con las nubes de agresivos químicos retienen y destruyen a los microorganismos.

Se prevé la utilización de aerosoles o nebulizadores, pulverizadores, granadas, bombas de artillería o de aviación, proyectiles, misiles de carcasa débil, incluso de plástico, cargados con una mínima cantidad de explosivo —lo que las hace fácilmente identificables. Estos mecanismos son sencillos y baratos y, al ser lanzados a gran distancia, disminuyen los riesgos propios, aunque el calor engendrado al explotar destruye una gran proporción de los microorganismos que contienen. Para aumentar la dispersión se pueden utilizar dispositivos que explotan a una determinada altura. Si se quiere disminuir la diseminación, para concentrar a los agentes, se pueden mezclar los gérmenes con polvos de productos químicos que incluso pudieran ser tóxicos. Pueden también diseminarse por generadores mecáni-

cos que por medio de una presión proyectan una suspensión de los microorganismos a través de una válvula que la fragmenta en aerosoles de calibre adecuado. Es un método relativamente silencioso y eficaz, que destruye pocos microorganismos. Los inconvenientes son su carestía y la complejidad mecánica. Los dispositivos más eficaces son los nebulizadores y pulverizadores que pueden diseminar al agente con misiles especiales desde aviones o desde helicópteros —los mismos que se emplean para la dispersión de plaguicidas— y sobre todo de aerosoles que incluso pueden atravesar filtros de refugios o de máscaras de protección.

Como factores meteorológicos a tener en cuenta en guerra microbiológica (como en la química) son: los vientos en cuanto a dirección y velocidad, la temperatura, la insolación (relacionada con la hora, estación, nubosidad), el gradiente de temperatura —es decir la diferencia algebraica entre la temperatura en grados centígrados del aire a 180 cm y a 30 cm del suelo—, la humedad relativa, la topografía y vegetación del terreno. Suele considerarse como el mejor momento para el empleo de aerosoles al amanecer, cuando menor sea la velocidad del viento, si hay inversión térmica es decir cuando el gradiente aumenta con la altura, cuando hay poca o nula insolación (es decir por la noche), humedad relativa alta si se emplean nebulizadores húmedos (la seca si se emplean fumigadores) y temperatura baja. Si a los factores dependientes del microorganismo se añade la imprecisión de la predicción meteorológica se deducen los problemas que surgen para el empleo de aerosoles con fines tácticos.

MEDIOS QUE DISPONE LA MEDICINA PARA CONTARRESTAR LOS EFECTOS DE LOS AGRESIVOS BIOLÓGICOS

Ante la agresión por agentes microbiológicos, la medicina debe utilizar el conjunto de conocimientos y recursos que emplea para prevenir y para combatir las enfermedades transmisibles. Estos son:

Prevención básica. Dejando aparte la eventualidad de recibir una agresión microbiológica, es preciso disponer de una suficiente estructura sanitaria capaz de diagnosticar precozmente la presencia de cualquier enfermedad transmisible, su naturaleza, y dictaminar los medios de protección, prevención y tratamiento adecuados. Es fundamentalmente cometido de la sanidad civil pero la sanidad militar debe conocer exactamente los dispositivos y los medios disponibles así como su reparto geográfico y su dependencia administrativa.

En la formación de los médicos, farmacéuticos y veterinarios militares no debe olvidarse, en todos los niveles, la actualización de sus conocimientos frente a una guerra que utilice agresivos biológicos. Correspondería al Instituto de Medicina Preventiva del Ejército Capitán Médico Ramón y Cajal y a la Escuela Militar de Sanidad esta labor formativa. Igualmente, sería conveniente explicar en las academias militares, la Escuela de Estado Mayor, etc. algunas nociones de defensa frente a agresivos químicos y microbiológicos.

Hay que conocer los posibles microorganismos y los medios de difusión que el enemigo pudiera utilizar. La información podrá suministrar alguna ayuda a esta cuestión en ciertos casos.

Preparación y depósito de vacunas, gammaglobulinas, antibióticos, medios de diagnóstico, recursos de DDD.

Adecuación de los hospitales militares, en los que deben estar previsto sistemas de descontaminación habida cuenta que los afectados pueden tener en su piel y mucosas microorganismos que pueden infectar al personal asistencial y a los demás hospitalizados. Disponer de personal adiestrado en atención urgente de numerosas bajas que pueden ser infectantes.

Inmunizaciones, pasiva y, sobre todo, por la vacunación. Es muy importante lograr la cobertura vacunal de la población, para lo cual se debe inmunizar adecuadamente a la población civil y militar frente a cualquier agente que el enemigo pudiera utilizar. Hay que tener en cuenta que si el enemigo conoce esta situación no utilizará ese germen y sí otro, tal vez más peligroso. Se deberá pues vacunar sin que trascienda esta operación, o bien al contrario con grandes demostraciones para disuadir al adversario que utilice el agresivo en cuestión. No han dado resultado las vacunaciones masivas por medio de aerosoles distribuidas en locales cerrados.

Distribución de mascarar antigérmicas.

Fase de ataque. Ante un posible ataque con agresivos microbiológicos hay que prever una serie de actuaciones que dependerán del tipo de agresivo, del margen previsible entre la alerta y el ataque en si se dispone del tiempo necesario para — caso de producirse— identificar el agente con tiempo para tomar las medidas específicas.

Ante un ataque microbiológico hay que informar al mando, sanitario y militar, ordenar que el personal expuesto adopte las medidas inmediatas, tales como utilizar máscaras adecuadas, y aislar a los que se piense que están contaminados.

Es muy importante la identificación del agente causal. Se debe intentar establecer sistemas de detección mediante la vigilancia del medio, especialmente del agua, de los alimentos y, sobre todo, del aire. El descubrimiento de un microorganismo en un medio utilizado para la agresión biológica comporta una serie de pasos, propios de las especialidades de microbiología, virología, parasitología y micología.

Importante es conocer e identificar el origen de una agresión biológica, diferenciando la provocada de la natural. El observar el medio de lanzamiento, la del proyectil, etc. incriminados es muy importante. El análisis de los mecanismos de diseminación (bombas, recipientes, botes, cartuchos, etc) que se hayan logrado capturar ayudará mucho así como el análisis de sustancias como los estabilizadores que indican un origen artificial de una muestra. Algunos prisioneros podrán confirmar la naturaleza artificial de la enfermedad.

En el caso de que la agresión se haya efectuado por vectores las anomalías en cuanto a número de acuerdo con la estación y lugar podrá hacer sospechar la agresión biológica.

Como el aire es el mecanismo que se piensa sería el más utilizado en caso de guerra microbiológica, de modo semejante a lo que ocurre con los agresivos químicos, hay que disponer en la línea del frente, en los centros logísticos y desde luego en las áreas bombardeadas, dispositivos de captura de partículas con capacidad para retener las de una talla de 1 a 5 micras y las que retienen micrones para el estudio de los virus... Esos captadores se basan en diversos sistemas: pueden recoger a los microorganismos a los que se les hace impactar (Impinger) sobre medios líquidos y luego centrifugarlos a diversas velocidades o separarlos sobre sólidos por precipitación mecánica,

térmica o electrostática, por condensación de nieblas... Hay que tener en cuenta que dada la gran sensibilidad que muchos microorganismos (lo son menos en general los empleables en agresiones intencionadas) tienen se deben recoger en medios de transporte que varían según el agente implicado.

En las unidades en las que haya médico debe ser éste el que tome las muestras ambientales y especialmente las captadas sobre los combatientes enviándolas en condiciones adecuadas a la Sección de Laboratorio del Hospital de Campaña o de Evacuación, en donde se sembraría y enviarían alicuotas a los Laboratorios del Ejército, de la Zona de Retaguardia del TOZO e incluso a los de la Zona de Interior para su completa identificación.

Las muestras recogidas se pueden identificar utilizando las técnicas microbiológicas tradicionales de aislamiento e identificación. Las muestras se transfieren a medios de enriquecimiento y a los selectivos y posteriormente a los medios de identificación o a la inoculación en animales. Esto supone lapsos mínimos de 24 a 72 horas.

Hay técnicas rápidas, por ejemplo usando la espectroscopia de infrarrojos que determina el grupo —COO-NH— o el CNH producido al pirolizar las proteínas suspendidas en el aire, pero no identifica los gérmenes. Más específica es la cromatografía en fase gaseosa o la dosificación fluorométrica de los ácidos nucleicos que nos puede identificar la especie, aunque es poco sensible, o la quimioluminiscencia. Hay aparatos que permiten procesar simultáneamente un gran número de muestras y que suministran rápidamente los datos. Un ordenador, informa sobre la naturaleza del microorganismo aislado y la validez de esa identificación, así como de otros datos importantes, como puede ser la sensibilidad a los quimioterápicos. Los métodos inmunológicos directos como el radioinmunoensayo son poco sensibles pues requieren varios miles de dosis infectantes pero pueden dar el resultado inmediatamente. Las modernas técnicas de multiplicación de los ácidos nucleicos recogidos del aire por medio de la polimerasa (PCR) permiten un diagnóstico rápido y seguro de la presencia en el aire de aquellos microorganismos para los que dispongamos de primers o sondas. Hay aparatos automáticos como el "LIDAR" que pueden desencadenar la alerta al detectar la presencia de un agente microbiológico en el aire. La presencia de varios agentes o la dispersión de los mismos en liposomas o en microcápsulas o el empleo de mutantes o recombinaciones pueden dificultar la identificación.

Como en cualquier epidemia o brote debe hacerse el estudio epidemiológico lo más completo posible, para identificar el origen y la difusión del mismo.

Diagnóstico etiológico a partir de los afectados. Esto supone una actuación más tardía que la anterior y como en ese lapso se pueden estar produciendo nuevos contagios se puede retrasar la adopción de medidas. Ha debido transcurrir el periodo de incubación, que depende mucho de cada agente y del número de microorganismos que hayan penetrado en la persona. Esto supone un diagnóstico relativamente tardío.

Si se confirma la agresión se deben poner en marcha la profilaxis específica adecuada (quimioprotección y quimioprofilaxis, vacunas y gammaglobulinas).

Descontaminación (mediante duchas o lavados con antisépticos) de los que contactaron con la nube del agresivo. Se les desnudará (las ropas se desinfectarán evitando el contagio del

personal sanitario); se esterilizarán los filtros de la máscara y en su caso se realizará el aislamiento y tratamiento de los enfermos y sospechosos.

Para que esta actuación dé resultado es necesario disponer de recursos suficientes. Estos recursos son caros y el disponer de ellos en los diversos niveles supone el detraer elementos de lucha y defensa que podrían ser más útiles en otras actividades. Corresponde al Mando, evaluar las probabilidades de empleo de agresivos microbiológicos por el adversario ya que un exceso de preparación con detrimento de otras actividades podría ser perjudicial. En todo caso es necesario disponer de una mínima infraestructura defensiva.

La respuesta ante una agresión microbiológica debe ser rápida y certera. De ella depende la limitación de sus efectos. El retraso en la respuesta depende de la sorpresa y ésta a su vez del sigilo en la preparación del ataque por parte del adversario y de fallos en la información propia en cuanto a posibilidades del enemigo en fabricación, almacenamiento, adaptación a medios de distribución... Influye también en la respuesta el grado de conocimiento y preparación propia, la intensidad del ataque y la desorganización provocada por el mismo, el retraso en identificar el agente y la disponibilidad actual y potencial de los recursos en la zona afectada.

Se deben establecer modelos de la agresión en la que se tendrán en cuenta:

- a) Proporción de afectados que requieren tratamiento hospitalario o especializado.
- b) Vulnerabilidad al tratamiento. Especialmente la sensibilidad a los antibióticos. En todo caso hay que ir evaluando la posible existencia de resistencias y la evolución de estas
- c) Establecimiento de prioridades, especialmente para los recursos críticos (vacunas, antibióticos, camas de hospital, aparatos de reanimación, etc.).
- d) Proporción de afectados que morirán con y sin tratamiento y necesidades de esos medios.
- e) Posibilidad de establecer quimioprofilaxis o vacunaciones.
- f) Atención a los cadáveres. Identificación y enterramiento de los mismos.

Actuación después del ataque. A los problemas que pueden surgir como consecuencia de la agresión, o agresiones, ya que pueden repetirse en el espacio y en el tiempo, hay problemas añadidos, como el desequilibrio ecológico, que entre otras cosas puede causar epidemias no relacionadas con el agente empleado. También se puede provocar el abandono de áreas que pueden ser decisivas, la evacuación y hasta la estampida de la población afectada, así como los desórdenes causados por el pánico. Se calcula que la tercera parte de la población se dispersaría al cabo de 48 horas. Los afectados supervivientes pueden quedar con secuelas e invalideces.

PELIGRO POTENCIAL PARA LA SALUD COMUNITARIA POR LA POSIBLE UTILIZACIÓN DE LAS ARMAS BIOLÓGICAS POR PARTE DE PAÍSES ENEMIGOS

El solo hecho de saber que el adversario dispone de agresivos biológicos (o químicos) implica la posibilidad de que los emplee en algún momento y eso crea angustia, miedo que pue-

den convertirse en pánico si hay una situación que determine la precipitación del miedo. El miedo y aún más el pánico pueden causar reacciones impulsivas destructoras o al menos desorganizadoras de la capacidad de defensa. El Comité de Expertos de la OMS estableció una tabla en la que se expresa el número de bajas que pueden causar diversos agresivos microbiológicos, si la diseminación se produce por un único bombardeo sobre población civil no protegida.

Epidemias. La introducción de un microorganismo en una zona en la que no existía, o con niveles bajos, puede provocar infecciones por acción directa y además una epidemia si dicho agente o agentes encuentran posibilidades de transmisión, es decir si es contagiosa, si el agua no se depura, si hay en la zona artrópodos capaces de vehicular el agente. La epidemia puede ser provocada estratégicamente para causar bajas en la población civil, disminuir la productividad, causar pánico y desmoralización en los combatientes etc. La producción de epidemia se consigue más fácilmente si se trata de agentes contagiosos, es decir si los enfermos o los infectados se convierten en fuentes de infección. En estos casos las epidemias se pueden presentar con una agudeza que depende de la infecciosidad del agente, de la proporción de sensibles y de la probabilidad que existe de que las fuentes se pongan en relación epidemiológica con los sensibles.

Si llamamos "p" a la probabilidad de que se relacionen epidemiológicamente un infectado y un sensible en una población de "N" efectivos, probabilidad que depende del número de infectados (I) y del de sensibles (S) así como de sus relaciones. La mortalidad disminuye también el valor de "p". Por otro lado, a medida que la epidemia se va desarrollando es lógico que la probabilidad "p" vaya disminuyendo. Para ser exactos habría que deducir el ligero sesgo debido a que los enfermos, especialmente los encamados y mucho más, si están aislados, se relacionan en general menos que los sanos e igualmente pasa con los convalecientes y con los curados.

La frecuencia de nuevas infecciones será: ASI/BI

En la que A es una constante cuyo valor depende de las características de todo tipo de la población, incluidas las sociales, y de las del agente causal. La velocidad con la que los infectados salen de la cadena epidemiológica es BI en la que B es un parámetro que depende de las características de la población y de las de la enfermedad. Durante la mayor parte del periodo de incubación el valor de B es 0. La enfermedad se propagará si el ritmo de nuevas infecciones es más rápido que los que salen de la cadena de transmisión, es decir si la relación ASI/BI es mayor de la unidad. Si toda la población es sensible a la enfermedad, es decir si S es igual a N, la expresión anterior queda AN/B, relación que suele llamarse C. Si C es menor que 1 no se produce epidemia mientras que si supera la unidad la infección se propagará rápidamente, aunque al irse produciendo casos van a disminuir los susceptibles y por tanto bajará también rápidamente. Por ejemplo, para una población de 100.000 habitantes siendo todos sensibles es

decir con C igual a 1, la frecuencia de nuevas infecciones una vez diseminado el agente es 100.000.A. Al cumplirse el periodo medio de incubaciones habrán, por ejemplo, producido 1.000 casos nuevos y 500 entre muertos y curados tendremos que la población sensible queda en 98.500 y el número de infectados es 1.000 por lo que la frecuencia de nuevas infecciones debe ser 98.500.A es decir casi diez veces más y así sigue extendiéndose la enfermedad cada vez de forma mas lenta hasta extinguirse.

Los efectos que en la población puede suponer la introducción de un agente microbiológico son muy importantes. Así, el valor de C nos dará los resultados reflejados en la tabla 4, en este modelo simple.

Tabla 4.

Valor de C	Porcentaje de la población que se infectará
1,00	0
1,03	5
1,05	10
1,12	20
1,19	30
1,28	40
1,39	50
1,53	60
1,72	70
2,01	80
2,56	90
3,15	95

Hay que tener en cuenta que la diseminación epidémica puede aumentar la infecciosidad y la virulencia del microorganismo.

PARA MÁS INFORMACIÓN

- 1 Center NBC de la Force Terrestre. Manuel de défense NBC Jambes Belgique. Washington: Department of the Army. U.S.A., 1975
- 2 Groupe de consultants de l'OMS. Santé Publique et armes chimiques et biologiques.- De: OMS 1970
- 3 Ecole de Defense NBC.- Memento: Cahiers des armes spéciales. Grenoble, France, 1977 a 1981
- 4 Reglamento de Higiene y Epidemiologia en Campaña. Madrid: Ministerio de Defensa, 1968
- 5 Reglamento de Defensa ABQ. Madrid: Ministerio de Defensa, 1977
- 6 Rodríguez Zazo JA. Guerra Biológica y Veterinaria.- Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias Veterinarias. Madrid, 1992.
- 7 Villalonga LM. La guerra biológica. Ejército 1981, nº 495.
- 8 Villalonga LM. Empleo táctico de agresivos biológicos. Las limitaciones técnicas como factor disuasorio. Revue Internationale des Services de Santé 1983;4:295.