

1.3

Armas de destrucción masiva

Las armas biológicas

Por el Coronel A (R) OIM Carlos Hugo Trentadue*

Se creyó que la amenaza de las armas biológicas había desaparecido con la firma de la convención de prohibición correspondiente en 1972, pero lamentablemente varias naciones y grupos subnacionales han continuado con el desarrollo de este tipo de herramientas desde entonces y hasta hoy se sospecha que algunos países las poseen y estarían dispuestos a usarlas en caso de verse amenazados.

Asimismo, en este momento nuestro país y el mundo se encuentran sometidos a los alcances de un virus que ya ha costado cientos de miles de muertos y un incalculable daño económico, lo que nos da un ejemplo del poder de este tipo de agresivos, al mismo tiempo que demuestra que las amenazas biológicas no conocen ni respetan fronteras.

Este trabajo busca, de manera sintética, presentar los antecedentes históricos del desarrollo de estas armas, sus características, el impacto de la tecnología sobre ellas, su doctrina de empleo y el marco legal que las intenta controlar.

Temario

1. Introducción	74
2. Historia	74
3. Tipos	89
4. Producción	92
5. Los medios de dispersión	94
6. Avances en las ciencias biológicas y tecnologías relacionadas	99
7. Marco legal	103
8. Conclusiones	105
9. Glosario	107
10. Anexos	108

Las armas biológicas

“En los grandes laboratorios del Ministerio de la Paz... trabajan incansablemente los equipos técnicos. Unos se dedican sólo a planear la logística de las guerras futuras;... otros buscan gases más mortíferos o venenos que puedan ser producidos en cantidades tan inmensas que destruyan la vegetación de todo un continente, o cultivan gérmenes inmunizados contra todos los posibles antibióticos”

1984 - George Orwell¹

Introducción

Las armas biológicas (AB) hacen uso deliberado de los materiales patógenos para causar la muerte o daños a seres humanos o animales. Incluyen tanto el uso de organismos vivos o los subproductos inanimados de los organismos vivos (toxinas) como armas.

Adoptaremos como definición de las armas biológicas la que usa la Convención sobre Armas Biológicas y Tóxicas (CABT)^{2,3}, de la cual nuestro país es signatario, en su artículo 1:

1. *Agentes microbianos u otros agentes biológicos, o toxinas, sea cual fuere su origen o modo de producción, de tipos y en cantidades que no estén justificados para fines profilácticos, de protección u otros fines pacíficos;*
2. *Armas, equipos o vectores destinados a utilizar esos agentes o toxinas con fines hostiles o en conflictos armados.*

En particular, las toxinas han sido clasificadas tanto como agentes biológicos y como agentes químicos. Esto ha motivado que las toxinas estén prohibidas tanto por la Convención sobre Armas Químicas (CAQ) de 1993, como por la CABT de 1972.

Por los alcances del presente trabajo nos concentraremos en los organismos y sustancias cubiertos por el punto 1 de la definición, es decir los agentes patógenos.

Es interesante hacer notar que la definición de AB, y como veremos más adelante la de las armas químicas, cubre cualquier tipo de agente, es decir no existe una lista exclusiva de ellos, sino que **cualquier** agente biológico o toxina utilizado con la intención de causar algún daño, no necesariamente mortal, contra humanos, vegetales o animales está cubierto por esta definición.

Junto con las armas químicas y las armas nucleares, las modernas armas biológicas generalmente se clasifican como armas de destrucción en masa (ADM).

Historia

Desde hace mucho tiempo el hombre ha hecho uso de la enfermedad como instrumento de guerra. Uno de los episodios más citados respecto de esto ocurrió en 1346, en Kaffa (ahora Feodosiya, Ucrania), durante el sitio de la ciudad, que era un enclave genovés en la península de Crimea, por parte de hordas tártaras. Debiendo abandonar el sitio sin haber podido conquistar la ciudad, debido a una epidemia de peste que afectó a los sitiadores, cuerpos de víctimas que habían muerto a causa de ella, fueron catapultados sobre los muros de la ciudad, donde rápidamente se propagó la enfermedad,

¹ George Orwell (su verdadero nombre era Eric Arthur Blair) en su libro *1984*. Penguin Books Ltd. EEUU. Edición 1981

² *Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (biológicas) y tóxicas y sobre su destrucción.* Puede verse en http://disarmament.un.org/treaties/t/bwc/text_traducido_en_http://www.iri.edu.ar/publicaciones_iri/manual/Ultima-Tanda/Desarme/18.5.%20Convenci%F3n%20sobre%20la%20prohibici%F3n%20del%20desarrollo-1972.pdf. Último acceso el 17 de mayo 2020

³ El *GLOSARIO DE TÉRMINOS DE EMPLEO MILITAR PARA LA ACCIÓN MILITAR CONJUNTA*, (PO 02) Edición 2015 define al agente biológico como: Microorganismo y sustancia tóxica derivada de organismos vivos, empleado para producir la muerte o la enfermedad en el hombre, en los animales o en las plantas.

lo que motivó que los sitiados escaparan por vía marítima y llevaran con ellos la peste a Europa, lo que causó una innumerable cantidad de víctimas⁴.

A continuación, trataremos de dar un pantallazo general sobre el desarrollo y en algunos casos el empleo de AB durante el siglo XX. Si bien la clasificación de la información se aplica a todas las ADM, respecto de las armas biológicas este tema es más relevante, en algunos casos por la total desaparición de registros, por el hecho de que algunos de los registros existentes aún se encuentran cubiertos por diferentes grados de reserva o por la dificultad de separar enfermedades que ocurrieron naturalmente de alegaciones de empleo.

Con la consideración anterior podemos considerar que los orígenes modernos de las armas biológicas se remontan a la época de la Primera Guerra Mundial y al intento de **Alemania** de utilizar agentes patógenos con fines de sabotaje. El programa, contrario a las órdenes vigentes en las fuerzas armadas de ese país que consideraban ilegal su empleo, utilizó solamente patógenos antianimales, y el Estado Mayor alemán rechazó propuestas de diseminar bacilos de plaga (*Yersinia pestis*) sobre Londres y puertos británicos⁵. Es de hacer notar que alrededor de ocho millones de caballos y un número indeterminado de mulas y burros murieron en el conflicto, de los cuales sólo el 25 por ciento murió por heridas causadas en combate⁶. Las operaciones desarrolladas involucraron agentes secretos que trataron de infectar caballos que eran exportados para los ejércitos aliados con ántrax y muermo. Los saboteadores operaron principalmente en Estados Unidos, Rumania, Francia y España; Noruega y también en Argentina.^{7,8} Francia habría tenido un programa similar e infectó con *Burkholderia mallei*, la bacteria causante del muermo, caballos que se encontraban en Suiza para ser enviados a Alemania⁹.

1918 - 1945

Al término de la Primera Guerra Mundial, casi todos los países que luego participarían en la segunda llevaron adelante programas ofensivos o defensivos de AB. Francia, Hungría, Italia, Japón, Polonia y la Unión Soviética establecieron programas de AB, aunque de distinta magnitud y alcance. El programa japonés fue, por mucho, el más grande, posiblemente con más personal y recursos que todos los demás combinados.

Durante la Segunda Guerra Mundial (2da GM) el único estado que utilizó armas biológicas en operaciones militares fue Japón en China, al mismo tiempo que grupos de resistencia antinazis empleaban AB para operaciones de sabotaje en la Europa ocupada. Estas experiencias mostraron las limitaciones de las AB en aquella época.

Francia

En 1921, en **Francia**, a partir de indicios de que Alemania estaba investigando en el campo de las AB, se creó la Comisión de Bacteriología para diseñar una política de guerra biológica. Además de

4 Frischknecht F.: *The history of biological warfare*. EMBO Rep. 2003 Jun; 4 (Suppl. 1): S47–S52. Debe hacerse notar que hoy se sabe que la peste entró a Europa no sólo por esta vía sino por varias. Pero que cualquiera haya sido la vía de entrada costó la vida de entre la mitad y dos tercios de la población europea de la época. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1326439/>. Último acceso el 23 de mayo 2020.

5 Rao, D. B. et al.: *Biological Warfare*. Discovery Publishing House, New Delhi. 2001.

6 Cooper, J.: *Animals in War*. Corgi Books, London, 2000.

7 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1198743X14626343>. Último acceso el 23 de mayo 2020.

8 Seth Carus, W.: *Short History of Biological Warfare*. National Defense University Press, Washington, 2017. https://www.indxinvestor.com/resources/Research-Materials/Disease/Short_History_of_Biowar.pdf. Último acceso el 23 de mayo 2020.

9 Seth Carus, W.: *The History of Biological Weapons Use: What We Know and What We Don't* Health Security Volume 13, Number 4, 2015. Mary Ann Liebert, Inc. DOI: 10.1089/hs.2014.0092

contar con experiencia en infectología en el Instituto Pasteur, se beneficiaron de la activa participación de André Trillat, quien era en ese momento uno de los principales expertos del mundo en la diseminación de enfermedades por el aire y director de un instituto de investigación de la armada de ese país¹⁰.

A mediados de los años treinta, los franceses comenzaron a desarrollar agentes antipersonales y antianimales en un laboratorio que se encontraba en la Poudrerie National du Bouchet¹¹. El programa tuvo características tanto ofensivas como defensivas, realizando hasta ensayos de dispersión de agentes en el metro de París, se investigaron y desarrollaron métodos para atacar cultivos usando el escarabajo de la papa. Asimismo, se realizaron investigaciones a escala de laboratorio sobre patógenos como el ántrax, salmonella, cólera, la peste bovina (rinderpest) y algunas toxinas, y se llegó a desarrollar munición para dispersar toxina botulínica. Simultáneamente se desarrollaron medidas defensivas como un suero contra el ántrax. Las actividades de investigación en Le Bouchet continuaron hasta que las instalaciones fueron capturadas por los alemanes en 1940.¹²

Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

En la **Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas** (URSS), comenzó un programa de armas biológicas alrededor de 1925 con la apertura de un laboratorio para investigar *Bacillus anthracis* (causante del ántrax) y *Clostridium botulinum* (bacteria productora de la toxina botulínica, causante del botulismo) y evaluar la factibilidad de su empleo como AB. Los resultados obtenidos le permitieron establecer un programa de AB ofensivas para 1928.

Durante los años 30, la URSS creó una importante organización para apoyar este programa, entre otros, 35 institutos dependientes del Ministerio de Salud (que hasta 1946 fue llamado Comisariado de Salud del Pueblo - Народный комиссариат здравоохранения) y se fundaron varios centros específicos alrededor de Leningrado y Moscú. Además, varias estaciones de ensayos de campo, para realizar tests a cielo abierto, de las cuales la isla Vozrozhdenia (Renacimiento) en el Mar Aral era la más importante, compartida por las Repúblicas Socialistas Soviéticas de Uzbekistán y Kazajistán.

Desde el fin de la Primera Guerra Mundial, los soviéticos tuvieron que soportar varias epidemias de origen natural, lo que, como contrapartida, obligó al desarrollo de una alta capacidad de investigación en el campo de la biología y se hicieron importantes avances en el control y prevención de enfermedades infecciosas, tales como el ántrax, la plaga y el cólera.

Como sucedió en otras naciones, los soviéticos montaron su programa de AB aprovechando sus experiencias y desarrollos en AQ. En particular, la URSS y Alemania, por el Tratado de Rapallo de 1922, habían acordado que Alemania compartiría información, entrenamiento y construcción de instalaciones sobre defensa contra AQ, todo ello a llevarse a cabo en territorio soviético¹³. Uno de los participantes de ese accionar conjunto fue Yacov Moiseevich Fishman que desde 1925 estaba a cargo de la agencia química militar soviética (Directorado de Química Militar – Voenno-khimicheskoe upravlenie – VOKhIMU). Desde ese puesto organizó e impulsó el desarrollo de un programa ofensivo de AB soviético y hoy se lo considera el principal arquitecto de este, y desde ahí delegó las funcio-

10 Spiers, E.: *A History of Chemical and Biological Weapons*. Reaktion Books, 2010.

11 Actualmente este laboratorio es donde se concentra la investigación para la defensa contra armas químicas y biológicas, en ese país, dependiente del Ministerio de Defensa francés: Centre D'étude Du Bouchet en Vert Le Petit.

12 <https://www.nti.org/learn/countries/france/>. Último acceso el 23 de mayo 2020.

13 Gasiorowski, Zygmunt J.: "The Russian Overture to Germany of December 1924." *The Journal of Modern History*, vol. 30, no. 2, 1958, pp. 99–117. JSTOR, www.jstor.org/stable/1872756. Último acceso 21 May 2020. Es de hacer notar que el acuerdo permitió la instalación de fábricas de aviones y tanques alemanes en la URSS como también la instalación de una fábrica de AQ. Esta colaboración se terminó en 1933 con el advenimiento del nazismo en Alemania.

nes defensivas en el ministerio de salud y en el Instituto de Defensa Química.¹⁴ En 1936 se iniciaron los ensayos en la isla Vozrozhdeniye, con la participación de dos barcos y dos aviones.

Fishman fue exiliado por Stalin en una de sus “purgas” en 1937. No solo la purga afectó a Fishman, sino a muchos biólogos, médicos y militares, incluidos los directores de los institutos del área, a los que se los sometió a una farsa judicial (los llamados *show trials*) en los que confesaron haber cometido actos de sabotaje ordenados por Japón o Alemania. En las mismas circunstancias, el mariscal Mikhail Nikolayevich Tukhachevsky, jefe del Estado Mayor General de las Fuerzas Armadas soviéticas (Ejército Rojo de los Trabajadores y Campesinos -РККА- Рабочая и Крестьянская Красная Армия), quien fuese un fuerte impulsor de las AQ y AB, también fue ejecutado. La consecuencia de esto fue la abrupta caída del impulso inicial que no se recuperaría hasta después de la guerra.

Un hecho comentado por Alibek¹⁵ es un ataque con AB realizado por los soviéticos contra tropas del sexto Ejército alemán en 1942, durante su avance sobre Stalingrado. A fines del verano del 42, de pronto y fuera de todas las estadísticas de brotes anteriores de esta enfermedad, un gran número de personal alemán cayó enfermo con tularemia, en cantidades que obligaron a detener la ofensiva. Esta afección se propagó a la población civil de la zona y también luego a las tropas soviéticas en presencia. Este evento nunca fue reconocido oficialmente por la URSS, ni por Rusia¹⁶.

De todas formas, ya para el inicio de la Segunda Guerra Mundial la URSS había ya investigado una variedad de patógenos y asimismo eran capaces de manufacturar agentes para provocar tularemia, tifoidea y fiebre Q.

Imperio del Japón

En **Japón**, país que no ratificó el Protocolo de Ginebra de 1925 hasta 1970, se estableció un programa ofensivo de armas biológicas a mediados de los años treinta. Las principales instalaciones japonesas estaban ubicadas en Beiyinhe y Pingfan en Manchuria. En el curso de la Segunda Guerra Mundial, los japoneses ensayaron agentes biológicos en prisioneros de guerra y trabajaron en varios diseños de bombas para la diseminación en gran escala de bacterias, así como en un artefacto con tanque de diseminación por vía aérea (Spray-tanks). Además, se cree que los japoneses utilizaron agentes biológicos contra los soviéticos en Mongolia en 1939, contra tropas chinas en 1942 y contra civiles chinos de 1940 a 1944.

Los orígenes del programa japonés datan de 1925, mientras se desarrollaban las negociaciones del Protocolo de Ginebra. Shiro Ishii, un capitán médico del ejército imperial japonés, que alcanzó el grado de cirujano general (equivalente a teniente general) durante la guerra, se convenció de que Japón necesitaba desarrollar armas biológicas, creyendo que estas debían ser muy eficaces si las potencias occidentales querían prohibirlas. En 1927, Ishii propuso la creación de un programa japonés de armas biológicas, y en 1928 comenzó una gira de dos años por Occidente, donde hizo una amplia investigación sobre los efectos de la guerra biológica y los desarrollos de la guerra química a partir de la Primera Guerra Mundial.

No fue hasta 1932, sin embargo, que el primer centro de investigación de armas biológicas se estableció en la escuela de medicina del ejército en Tokio. Otra instalación, aparentemente destinada a la experimentación humana, fue creado al año siguiente en Manchuria ocupada.

¹⁴ Guillemin, J.: *Biological Weapons, from the state-sponsored programs to contemporary bioterrorism*. Columbia University Press, New York. 2003.

¹⁵ El coronel Kanatzhan Kanat Alibekov, del ejército soviético y luego del ruso, es un médico, microbiólogo y experto en guerra bacteriológica, que ascendió dentro del aparato de guerra biológica soviético hasta ser Primer Subdirector de Biopreparat, la empresa estatal que controlaba todas las instalaciones de AB soviéticas y luego rusas. Desertó a los Estados Unidos en 1992, donde adoptó el nombre de Ken Alibek.

¹⁶ Leintenber, M.; Zilinskas, R.: *The Soviet Biological Weapons Program*. Harvard University Press, Massachusetts. 2012

El programa se amplió aún más en 1936 con la organización de la Unidad 731 (conocida como la División para la Prevención de Epidemias y Purificación de Aguas del Ejército de Kwantung), que fue puesta a órdenes de Ishii, junto con el Taller de Prevención de Epidemias de Caballos del Ejército de Kwantung, más tarde conocido como Unidad 100¹⁷.

Los japoneses desarrollaron métodos para difundir pulgas infectadas con *Yersinia pestis*, el organismo responsable de la peste, tanto mediante el uso de aeronaves con tanques rociadores, así como con bombas llenas de lodos con diversos agentes que al explotar generaban gotas infecciosas. También dejaron caer alimentos contaminados de aviones y vertieron lodos patógenos en los suministros de agua.

Ejemplo de este último método de diseminación ocurrió durante el llamado Incidente Nomonhan (Kahalkin-Gol), un enfrentamiento fronterizo contra la URSS, de mayo a septiembre de 1939. Tropas japonesas vertieron *Salmonella typhi*, el organismo responsable de la tifoidea, en un río, aguas arriba de las fuerzas soviéticas. No hay evidencia de que ningún personal soviético fuera infectado, pero al menos algunos de los soldados japoneses involucrados en la operación se enfermaron y murieron.¹⁸

La efectividad de estos ataques biológicos estuvo siempre ligada a la capacidad de respuesta de las autoridades sanitarias chinas. En octubre de 1940 se desarrolló un ataque contra la ciudad de Ningbo, en la provincia china de Zhejiang, en el que se utilizaron paquetes de arroz y trigo con pulgas infectadas con *Y. pestis*. Ante la aparición de los primeros afectados, se los aisló, se identificó a quienes estuvieron en contacto con ellos, se decretó una cuarentena en las áreas donde cayeron los paquetes, se tomaron precauciones especiales para enterrar de manera adecuada a los muertos y se llevó adelante una campaña de erradicación de ratas para prevenir una epidemia. Para diciembre no había más casos y el total de fallecidos fue de 106. En un ataque similar contra la ciudad de Quzhou, también en octubre de 1940, en la misma provincia, se tardó más de un mes en identificar la primera víctima y la epidemia se extendió hasta 1941, en la que murieron 275 personas.

El mayor empleo japonés de AB durante la guerra se produjo durante la campaña Zhe-Gan (Zhejiang-Jiangxi) en 1942. Esta operación fue una respuesta al bombardeo de Tokio realizado por Estados Unidos en la llamada Incursión Doolittle¹⁹, que fue el primer ataque aéreo norteamericano contra territorio japonés. Los 16 bombarderos B-25 utilizados en la incursión, después de despegar del portaviones *Hornet*, bombardearon Tokio y volaron a la provincia de Zhejiang, la única zona costera que aún estaba bajo control chino, donde tratarían de aterrizar. La operación alarmó a los japoneses porque hizo les hizo pensar que los aliados podrían utilizar aeródromos en Zhejiang para montar ataques aéreos adicionales contra las islas japonesas. Por ello, organizaron una incursión masiva en Zhejiang para destruir la infraestructura que podría utilizarse para apoyar a los bombardeos²⁰. Para la represalia, los japoneses asignaron 8 divisiones y 3 brigadas que operaron durante casi cinco meses en el área. La Unidad 731, a órdenes de Ishii participó en esta operación, inicialmente, en mayo, con ataques aéreos con AB. Y a medida que las tropas japonesas iniciaron su retirada en agosto, contaminaron pozos de agua con agentes biológicos para producir cólera, tifoidea y paratifoidea. También contaminaron con *B. anthracis* los sembradíos de arroz, liberaron pulgas infectadas con peste y distribuyeron comida contaminada con otros patógenos. Al finalizar la ope-

17 <https://apjif.org/-Tsuneishi-Keiichi/2194/article.html>. Último acceso el 23 de mayo de 2020.

18 Seth Carus, W.: *Short History of Biological Warfare*. National Defense University Press, Washington, 2017.

19 Chung, C.; Gerrard, H.: *The Doolittle Raid 1942*. Osprey Publishing, Oxford. 2006.

20 <https://www.smithsonianmag.com/history/untold-story-vengeful-japanese-attack-doolittle-raid-180955001/>.

Último acceso el 23 de mayo 2020.

ración, intencionalmente se alimentó a 3.000 prisioneros de guerra chinos con comida infectada con los agentes productores de la tifoidea y paratifoidea, y los liberaron luego para que contagiaran estas enfermedades en la población²¹.

Luego de esta operación no hubo otras de envergadura.

Al término de la guerra, los principales responsables de la conducción del programa de AB japonés fueron llevados a Estados Unidos para trabajar en el programa biológico norteamericano.

Polonia

Polonia también inició un programa de AB en 1928, dependiente de sus servicios de inteligencia, convencidos de que la Unión Soviética tenía uno en marcha. Aparentemente el objetivo del programa era el de realizar operaciones de sabotaje contra fuerzas que ocupasen su territorio.

Inmediatamente antes de la invasión alemana, en septiembre de 1939, los principales investigadores huyeron del país después de haber destruido el laboratorio donde trabajaban. Los alemanes reportaron varias instancias de sabotaje bacteriológico durante la ocupación.²²

Es interesante hacer notar aquí que Polonia fue el país que insistió en incluir a los agentes biológicos dentro del *Protocolo sobre la prohibición del uso en la guerra, de gases asfixiantes, tóxicos o similares y de medios bacteriológicos* de 1925 (más conocido como el Protocolo de Ginebra de 1925) debido a las experiencias sufridas durante la guerra mantenida con la Unión Soviética en 1919-1920 y el convencimiento de que la URSS estaba investigando sobre el tema²³.

Reino de Italia

Italia inició un programa de AB en 1934. Estaba dirigido por el teniente coronel médico profesor Hugo Reitano y se localizó en un amplio sector de un hospital militar en Roma. Se sabe que ensayaron la dispersión por aerosol de *Serratia marcescens*, bacilo causante de varias enfermedades en humanos²⁴. También existen referencias de que Mussolini habría pedido en 1936 el empleo de AB en Abisinia (actual Etiopía) pero el mando militar consideró que los posibles beneficios militares del empleo de ese tipo de armas no compensarían el daño internacional en la opinión pública²⁵. Este programa dejó de funcionar en 1940 y cuando los alemanes ocuparon Italia en 1943 no encontraron ninguna evidencia de su existencia.

Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

En el **Reino Unido**, el Comité de Defensa Imperial estableció un Subcomité de Armamentos Biológicos en 1936 para preparar medidas contra un eventual ataque biológico. Este recomendó en 1938 la creación de un Servicio de Emergencia Bacteriológico para atender la percibida creciente amenaza alemana en este campo, que para esa época era totalmente infundada. El nombre elegido finalmente para este servicio fue el de Servicio de Laboratorio de Emergencias para la Salud Pública (Emergency Public Health Laboratory Service), título que se consideró más adecuado para enmascarar su verdadera función.

Lord Maurice Hankey, que había alcanzado el grado de capitán de artillería en los Royal Marines, y con una larga carrera vinculada a temas de defensa, estaba a cargo del subcomité y fue el

21 Op. cit. Seth Carus, W.: *Short History of Biological Warfare*.

22 Wheelis, M.; et al.: *Deadly Cultures: Biological Weapons since 1945*. Harvard University Press, Estados Unidos, 2006.

23 Malet, D.: *Biotechnology and International Security*. Rowman & Littlefield, Londres, 2016.

24 <https://www.globalsecurity.org/wmd/world/italy/index.html>. Último acceso el 23 de mayo de 2020.

25 Op. cit. Seth Carus, W.: *Short History of Biological Warfare*.

encargado de organizar todo el programa, que se inició al formar una Unidad Especial de Armas Biológicas en Porton Down²⁶ (Biology Department, Porton), en 1940. Porton Down era un establecimiento del Ministerio de Defensa dedicado a la investigación y desarrollo de armas químicas desde 1916 que, al finalizar la Primera Guerra Mundial, ocupaba unas 2500 hectáreas de terrenos e instalaciones más una granja para la cría de animales para experimentación de 100 hectáreas. La investigación en Porton Down se centró en armas anticultivos y antianimales. Lord Hankey involucró al doctor Sir Paul Fildes, experimentado microbiólogo perteneciente al Medical Research Council, para que rápidamente estableciese un programa de ensayos en el campo y reclutase el personal para llevarlos adelante. Se contaba con personal civil y militar británico y también con personal de Estados Unidos.²⁷

A partir de los trabajos realizados por el sector de AQ de Porton Down, ya se tenía experiencia en los sistemas de dispersión de agresivos por medio de munición y, asimismo, se había establecido que la mejor vía de contaminación era por inhalación. También se determinó que las esporas del *Bacillus anthracis*, cuyo nombre de código era Agente N, eran capaces de soportar la detonación de la munición que los transportaba para su diseminación.

Pero para poder realizar pruebas en el terreno, se consideró que Porton Down era demasiado riesgoso, por su relativa cercanía a lugares poblados, por lo que se decidió en 1942, requisar una isla al norte de Escocia, la isla de Gruinard. Esta se encontraba lo suficientemente aislada para no poner en riesgo a personal y para mantener el secreto de las actividades a desarrollar allí. Entre 1942 y 1943 se realizaron ensayos de explosiones controladas a distancia, a nivel del suelo o a distintas alturas y se culminó con ensayos de bombardeo aéreo. En todos los casos se utilizaron animales vivos de la zona para medir los efectos. Los ensayos confirmaron que los explosivos no disminuían la virulencia de las esporas y llevaron a diseñar como medio más eficiente de dispersión, bombas de 500 libras con 100 submuniciones cada una. La isla permaneció cerrada al público por más de 48 años por el temor a la contaminación. A partir de 1986 se procedió a descontaminarla, para lo que fue necesario aplicar varias metodologías para hacerlo, hasta que finalmente se removió la capa superficial de las áreas más contaminadas y se vertieron 280 toneladas de formaldehído en el resto. Luego se instaló un rebaño de ovejas y al verificarse que estaban sanas después de cuatro años, se devolvió la isla a sus propietarios originales.

A partir de un viaje a Norteamérica por parte del Dr Fildes, desde mayo de 1942, los británicos unieron esfuerzos con Canadá y algunos meses después con Estados Unidos. Esta colaboración se mantuvo durante y después de la guerra y se materializó inicialmente por compartir toda la información de los ensayos realizados hasta ese momento. También se acordó que Estados Unidos sería el responsable de la producción a gran escala del Agente N y que las pruebas de campo para bombardeo de grandes áreas se llevarían adelante en Canadá, en la estación experimental de Suffield²⁸.

Uno de los objetivos fijados por el Subcomité de Armamento Biológico era tener la capacidad de represalia si el Reino Unido era atacado con AB. Para ello se diseñaron "tortas" de alimento para ganado contaminadas con ántrax (Agente N). Para 1943 se habían producido cerca de cinco millones de raciones de alimento para ganado que contenían ántrax y que nunca tuvieron que usarse, las cuales fueron destruidas al finalizar la contienda.

²⁶ Actualmente es el mayor establecimiento dedicado a la defensa QB en el Reino Unido, bajo el nombre de Defence Science and Technology Laboratories (Dstl), parte del Ministerio de Defensa del Reino Unido.

²⁷ Hammond, P.; Carter, G.: *From Biological Warfare to Healthcare: Porton Down, 1940-2000*. Palgrave Macmillan UK. 2001.

²⁸ Lindsey, G.: *No Day Long Enough*. Canadian Institute of Strategic Studies. Toronto, 1997.

Reino de Hungría

Otro país que tuvo un programa de AB en este período fue **Hungría**. En 1938 se activó con el establecimiento de la Estación de Control de Salud (Egészségügyi Ellenőrző Állomás) de las Reales Fuerzas de Defensa Húngaras, dirigido por el coronel médico Dezso Bartos. La institución se instaló en un almacén de artillería convertido en Budapest. Si bien contó con poco personal, investigaron sobre varios patógenos antipersonal y antianimal. También desarrollaron algunas técnicas de dispersión, incluidas bombas de vidrio capaces de transportar de 1 a 50 kilogramos de un agente biológico (ya sea húmedo o seco). El programa cesó en 1944 cuando se destruyó la instalación durante un bombardeo aliado²⁹.

Alemania

En **Alemania**³⁰, un programa de investigación sobre AB fue recién iniciado en 1941, luego del inicio de la Segunda Guerra Mundial. Curiosamente también en el convencimiento de que sus adversarios en la guerra pasada estaban actuando en ese campo cuando, al ocupar Francia, descubrieron las actividades del “Laboratoire de Prophylaxie” dentro de la planta de producción de energéticos militares de Bouchet^{31, 32} ya citada. Debido a ese descubrimiento, Alemania formó el comité “Blitzableiter” (Pararrayos) a cargo del profesor Heinrich Kliewe para coordinar un programa local de AB³³. El centro de gravedad del programa alemán estuvo orientado a la defensa contra agresivos biológicos por orden expresa de Hitler, quien expresamente prohibió el desarrollo de medios ofensivos biológicos³⁴. En 1943 se le dio mayor impulso nombrándose al coronel Walter Hirsch, de la agencia alemana de armamentos Waffenamts (WaA) y con el establecimiento de una estación de investigación en Posen³⁵. La instalación funcionó hasta 1945, cuando fue capturada por los soviéticos. Las investigaciones realizadas incluyeron el estudio de agentes antipersonales y anticultivos y de tanques de diseminación.

Estados Unidos de Norteamérica

Estados Unidos comenzó a interesarse por las armas biológicas en 1941, previo a la entrada en el conflicto por parte de Estados Unidos, cuando el secretario de Guerra, Harry L. Stimson, pidió a la Academia Nacional de Ciencias que nombrara un comité para estudiar la guerra biológica, apropiadamente nombrado Comité de Guerra Biológica. En ese momento ya se sabía que los japoneses estaban usando agentes biológicos en China, aunque no está claro si los planificadores de defensa en Washington entendieron esto completamente.

Producido el ataque a Pearl Harbour, la preocupación de sabotaje biológico hizo que el mando de las islas en Hawái procediese a ordenar la instalación de guardias en los sistemas de suministro de aguas y la producción de depósitos de alimentos, y se prohibió tanto la comercialización de leche en polvo como de todo tipo de venenos³⁶.

29 Wheelis, M., et al.: *Deadly Cultures: Biological Weapons since 1945*. Harvard University Press, Estados Unidos (2006).

30 Durante este período Alemania tuvo dos nombres oficiales, entre 1919 a 1933 República de Weimar y de 1933 a 1945, IIIer Reich Alemán

31 Rao, D. B. et al.: *Biological Warfare*. Discovery Publishing House, New Delhi (2001).

32 Deichmann, U.: *Biologists Under Hitler*. Harvard University Press, Estados Unidos (1996).

33 Garrett, B.; Hart, J.: *The A to Z of Nuclear, Biological and Chemical Warfare*. The Scarecrow Press, Inc. Plymouth, UK. 2009

34 Deichmann, U.: *Biologists Under Hitler*. Harvard University Press, Estados Unidos (1996).

35 Garrett, B.; Hart, J.: *The A to Z of Nuclear, Biological and Chemical Warfare*. The Scarecrow Press, Inc. Plymouth, Reino Unido (2009).

36 Smart, J.: *History of Chemical and Biological Warfare: An American Perspective*.

En febrero de 1942³⁷, el Comité de Guerra Biológica recomendó que Estados Unidos tomara medidas para reducir su vulnerabilidad a las AB. Como consecuencia se formó el Servicio de Investigación de Guerra (War Research Service -WRS) bajo el liderazgo de George W. Merck, presidente de la Merck Company, con funciones de asesoramiento. En 1944 se transfirió la responsabilidad al Departamento de Guerra y se disolvió el WRS. El departamento dividió el programa entre el Servicio de Guerra Química (Chemical Warfare Service – CWS) y el Cirujano General del Ejército. El CWS asumió la responsabilidad de la investigación y la producción de agentes, así como el análisis de la inteligencia extranjera y las medidas de defensa. El cirujano general debía cooperar con el CWS en los medios defensivos.

En 1943 se adquirieron los terrenos para una estación de investigaciones, en Maryland, y se designó como Camp Detrick, el U.S. Army Biological Warfare Laboratories (USBWL), bajo la dirección del Dr. Ira Baldwin, donde se instalaron a partir de ese momento y hasta 1945, varias plantas piloto de producción, una dedicada a la toxina botulínica, otra a la producción de esporas de ántrax, una tercera dedicada a la producción de agresivos antivegetales, mientras una cuarta se dedicó a la producción de bacterias causantes de la brucelosis y la psitacosis. Se estudiaron al menos 18 diferentes agentes biológicos, incluidos los destinados a su uso contra cultivos y animales.

Una planta de producción de material militar en Vigo (Vigo Chemical Plant), Indiana, construida por el ejército en 1942 para la producción de explosivos y munición, y que se encontraba inactiva³⁸, fue elegida para encargarse de la producción industrial de agentes biológicos, reactivada y reacondicionada en 1944 y lista para producir esporas de ántrax en 1945. En esta planta es donde también se pensó instalar la producción de AB para los británicos, de función a los acuerdos alcanzados con ellos, quienes en 1944 colocaron una orden por 500.000 bombas de su diseño. De todas formas, la planta nunca entró en producción de agentes reales.

Por último, en 1943 se adquirieron los terrenos para dos campos de pruebas, uno en Mississippi y otro en Utah³⁹.

Dentro de los agentes anticultivos, en Estados Unidos se hicieron pruebas con bombas cargadas con esporas de los hongos (*Cochliobolus miyabeanus*) causantes de la enfermedad de manchas marrones del arroz (helmintosporiosis).

En 1944, se creó el Comité de Guerra Biológica (Chemical Warfare Committee) con Merck como presidente, que hacia el final del conflicto empleaba cerca de 4000 personas y había insumido 60 millones de dólares de la época.

1945 al presente

Hacia fines de la Segunda Guerra Mundial, si bien ningún país había logrado un avance significativo, la factibilidad del empleo de agentes biológicos como medio de obtener objetivos político-militares quedó firmemente establecida. Después de la guerra, la investigación y desarrollo de armas biológicas continuaron, de manera notoria en Estados Unidos y la Unión Soviética, aunque no fueron los únicos estados que persiguieron esta vía; el de Iraq era el más conocido. Otros países tuvieron programas de esta naturaleza, pero ninguno de la magnitud o complejidad

³⁷ Sidell, F. R.; et al.: *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Office of the Surgeon General, Walter Reed Army Medical Center, Wasington D.C. (1997).

³⁸ Para esa época, la capacidad de producción de munición de Estados Unidos le alcanzaba para su propio abastecimiento y para proveer grandes excedentes a sus aliados, incluida la URSS. Joint Munitions Command: *History of the Ammunition Industrial Base - From Creation to Present Day*. JMC History Office, AMSJM-HI. 2010.

³⁹ Moreno, J.: *Undue Risk*. Routledge. Nueva York (2001)

de las superpotencias. Sí ha habido casos en donde han sido empleados por terroristas o criminales, pero no se debe descartar el empleo de estos medios por fuerzas irregulares en el futuro.

Estados Unidos de Norteamérica

El mayor avance de Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial en este campo había sido el desarrollo de los sistemas de diseminación de aerosoles de pequeñas partículas de patógenos. Asimismo, aprovechó la experiencia de los investigadores del programa japonés de AB, a los cuales puso a trabajar en sus centros de investigación y desarrollo. Para los inicios de la Guerra de Corea, en 1950, se disponía de esporas de hongos de la familia Puccinia, causante de enfermedades en gramíneas (roya del trigo), en previsión de su empleo contra la URSS. Al mismo tiempo, varios agentes antipersonales fueron estandarizados, pero a partir de 1953 el Chief Chemical Officer, Mayor General Bullene, ordenó dar prioridad al ántrax⁴⁰.

En 1959 se desarrolló el uso de mosquitos infectados con virus de la fiebre amarilla. Los virus fueron desarrollados en monos Rhesus para luego infectar a los vectores. Se realizaron ensayos lanzando mosquitos no infectados desde aviones y helicópteros para demostrar la factibilidad de este medio de dispersión y se comprobó que al cabo de un día los mosquitos se habían dispersado en una amplia zona. Los laboratorios de Fort Detrick (que inicialmente había sido llamado Camp Detrick) tenían la capacidad de producir 500.000 mosquitos por mes y se desarrollaron los planes para construir una planta con 130 millones mensuales de capacidad⁴¹.

Una instalación de producción de agentes biológicos fue construida cerca de Pine Bluff, Arkansas y completada en 1954, inicialmente designada Planta X-201 y más tarde como Laboratorios de Desarrollo de Producción (Production Development Laboratories). Además de poder producir la mayoría de los agentes estandarizados, podía proceder al llenado de munición.

La defensa contra ataques antianimales fue puesta a cargo del Departamento de Agricultura en 1954, mientras los medios ofensivos seguían a cargo del Departamento de Defensa.

Aunque se estudiaron varios agentes biológicos y se estandarizaron para su uso en armas, los sistemas de armas para su empleo en operaciones no fueron tantos. Entre otros, se desarrollaron las bombas con submuniciones (bombas racimo o clúster) M33 de 500 lb, que contienen 108 submuniciones M 114, cada una con una carga de 320 ml de Brucella suis. Otra arma era la bomba M115, también de 500 libras, pero dedicada a atacar cultivos, llamada la bomba de plumas, por su método de dispersión⁴². Adoptando un sistema usado por los japoneses durante la guerra, se desarrolló un sistema antivegetales consistente en un cilindro que contiene el agente y un sistema de iniciación de la dispersión del contenido; y un globo no tripulado para transportarlo a la zona del blanco, identificado como la E77⁴³.

Para conocer los efectos en condiciones operativas normales, en 1954, un grupo de voluntarios fueron expuestos a un aerosol que contiene Coixella burnetii, la rickettsia causante de la fiebre Q, en el campo de pruebas de Dugway (Dugway Proving Ground, en Utah)⁴⁴.

También a inicios de los años cincuenta se llevó a cabo una serie de experimentos de campo a gran escala en los que se diseminaban bacterias inocuas sobre áreas urbanas y rurales seleccionadas para probar la efectividad de los métodos de dispersión aérea de agentes biológicos.

40 *History of Chemical and Biological Warfare: An American Perspective*

41 Op. cit. Sidell, F. R.; et al.: *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*

42 Wheelis, Mark, et al.: *Deadly Cultures: Biological Weapons Since 1945*, (Google Books), Harvard University Press (2006).

43 Garrett, B.; Hart, J.: *The A to Z of Nuclear, Biological and Chemical Warfare*. The Scarecrow Press, Inc. Plymouth, Reino Unido (2009).

44 Op. cit. Sidell, F. R.; et al.: *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*

El programa estadounidense de armas biológicas terminó el 25 de noviembre de 1969, cuando el presidente Richard Nixon anunció que, en lo sucesivo, Estados Unidos renunciaba a todas las formas de guerra biológica y ordenó el cierre integral de las instalaciones involucradas en la producción de agentes biológicos, así como la completa destrucción de las existencias de armas biológicas. Una declaración emitida por Nixon el 14 de febrero de 1970 amplió esa renuncia a las armas tóxicas. Desde entonces, la investigación biológica con fines bélicos en Estados Unidos se centró exclusivamente en el desarrollo de medidas defensivas⁴⁵.

Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas - Rusia

Los informes públicos del programa soviético de armas biológicas indican que durante la Guerra Fría, la Unión Soviética realizó un amplio esfuerzo de investigación y producción. Al final de la Segunda Guerra Mundial, los soviéticos tuvieron acceso a gran parte de las técnicas de fabricación avanzada de agentes de Alemania y del personal involucrado en el tema, y también con parte de las investigaciones sobre desarrollo de armas de Japón. A pesar de ello, no existe mucha información pública sobre que hayan logrado algún avance significativo antes de la década del 70.

La organización dedicada a las AB era considerable y llegó a tener más de 60.000 personas trabajando en el área. La conducción del sistema, en particular respecto de la doctrina de empleo y logística, dependía del Ministerio de Defensa, a través del Grupo Especial Biológico, dependiente de la jefatura de operaciones de éste. El XVto Directorado Principal (Glavnoye Upravleniye Ministerstvo Oborony) del Estado Mayor fue la principal organización militar responsable de las armas biológicas. A finales de la década del 60, el ejército soviético tenía un sistema para conducir operaciones ofensivas biológicas, organizado bajo la dirección de los generales Smirnov, Lebedinsky y Yevstigneyev. Incluía el personal, los sitios de prueba, los depósitos de municiones biológicas y tres grandes institutos de investigación militar-biológica, en Sverdlovsk (hoy llamado Ekaterimburgo), Kirov y Zagorsk (hoy llamado Sergiyev Posad) y también algunos centros productivos; el de Strizhi, en la región de Kirov, era el encargado de la producción de agentes virales y bacterias para AB, el último a ser construido a fines de los 80^{46, 47}.

Es de hacer notar que entre la gran cantidad de posibles patógenos investigados para aplicaciones ofensivas, en el Instituto de Investigación Científica sobre Saneamiento⁴⁸ localizado en Zagorsk, que pasó a depender del XVto Directorado en 1954, y que era identificado como Unidad 62992, se desarrollaron virus y rickettsias como agentes y también vacunas. Entre los agentes investigados, se estudió el virus Junín, productor de la fiebre hemorrágica argentina (mal de los rastrojos)⁴⁹.

Después de 1973 se creó un sistema civil paralelo, llamado Biopreparat, con la Agencia Principal de la Industria Microbiológica como núcleo⁵⁰. El hecho de que la mayoría de su personal y, en particular la dirección, provenían del XVto Directorado, hacían que estuviese en realidad bajo su control. En los 80 pasó a depender del Ministerio de Industrias Médicas y Microbiológicas. Si bien su función visible era la de producir medicinas, sus plantas e institutos estaban involucrados en la investigación y desarrollo o producción de AB o eran consideradas en los planes de movilización

45 Wampler, R.: *The Nixon Administration's Decision to end U.S. Biological Warfare Programs*. National Security Archive Electronic Briefing Book No. 58 (2001).

46 <https://fas.org/nuke/guide/russia/agency/15gumo.htm>

47 Alibek, K.: *Biohazard*. Random House, Nueva York (1999).

48 Koblenz, G.: *Living Weapons: Biological Warfare and International Security*. Cornell University Press, Itaka (2009).

49 Op. cit. Alibek, K.: *Biohazard*.

50 <https://fas.org/nuke/guide/russia/agency/15gumo.htm>

industrial para esos fines. Dieciocho institutos, plantas de producción y laboratorios le dependían directamente. Uno de los más importantes, el Instituto de Biología Molecular Vector, en Koltsovo, produjo a través de ingeniería genética patógenos capaces de resistir múltiples antibióticos, alterar otros para que las vacunas existentes no otorgasen inmunidad y combinar materiales genéticos de distintas fuentes para obtener “quimeras”, es decir patógenos con características agresivas y de contagio inexistentes en la naturaleza⁵¹.

Además de las instalaciones mencionadas, el Ministerio de Agricultura tenía bajo su dependencia otras seis dedicadas a las AB ofensivas y defensa para cultivos y animales. Dentro del Ministerio de Salud existían dos directorados relacionados a AB. El segundo Directorado poseía una serie de laboratorios que, además, de sus funciones específicas tenían la tarea de identificar posibles agentes para ser usados en AB, mientras que el tercer Directorado tenía además de laboratorios, hospitales especialmente preparados para lidiar con temas de AB. Este directorado ejercía funciones de auditoría sobre los programas de AB y debía autorizar aquellos que estaban fuera de la órbita del ministerio de defensa, por ejemplo, los de Biopreparat⁵². Bajo su dirección también se llevó adelante un proyecto, llamado “Flauta” (fleyta en ruso), cuyo objetivo era inducir cambios de comportamiento, humor o muerte de sus afectados, del cual no se dispone de información aún desclasificada.^{53, 54}

El 2 de abril de 1979 se produjo un brote de ántrax pulmonar en torno a una instalación militar en Sverdlovsk. En una declaración hecha pública el 29 de enero de 1992, el presidente ruso Boris Yeltsin reconoció que el brote fue causado por la liberación accidental de esporas de ántrax. Al mismo tiempo ordenó el cese de todas las actividades rusas relativas a las armas biológicas y la destrucción de cada arsenal de armas biológicas existente.

Sin embargo, el 20 de febrero de 2012, el presidente Vladimir Putin manifestó en un artículo público:

“En el futuro más lejano, se desarrollarán sistemas de armas basados en nuevos principios (... , genética, psicofísica y otras tecnologías). Todo esto, además de las armas nucleares, proporcionará instrumentos completamente nuevos para alcanzar objetivos políticos y estratégicos. Estos sistemas de armas de alta tecnología serán comparables en efecto a las armas nucleares, pero serán más “aceptables” en términos de ideología política y militar. En este sentido, el equilibrio estratégico de las fuerzas nucleares desempeñará un papel cada vez menor en el control de la agresión y el caos”⁵⁵.

Iraq

Probablemente el más publicitado programa de AB, fuera del de las superpotencias, ha sido el de **Iraq**. Como estado parte de la CABT desde 1972, habiendo ratificado la misma, Iraq no debió haber iniciado o mantenido un programa de AB.

Pese a esto, y luego en modestos inicios en la década del 70, en 1983 Saddam Hussein decidió reactivar un programa de AB en el contexto de la guerra contra Irán⁵⁶, en las instalaciones de AQ de Al Muthanna, financiado por la Organización Estatal de Industrias Técnicas, bajo la dirección técnica

51 Op. cit. Koblenz, G.: *Living Weapons: Biological Warfare and International Security*

52 Leintenberg, M.; Zilinskas, R.: *The Soviet Biological Weapons Program*. Harvard University Press, Massachusetts (2012)

53 Op. cit. Koblenz, G.: *Living Weapons: Biological Warfare and International Security*

54 Idem

55 <http://archive.premier.gov.ru/eng/events/news/18185/>

56 https://www.cia.gov/library/reports/general-reports-1/iraq_wmd_2004/chap6.html#sect1

de la doctora Rihab Taha a partir de fines de 1984, quien recién había completado su posgrado en Gran Bretaña, bajo la conducción del teniente general Nizar Al Attar.

En 1985 y 1986 Iraq obtuvo cepas de referencia de varios patógenos de una variedad de fuentes extranjeras y comenzó una investigación básica sobre posibles agentes, como el B. anthracis para su uso en el esfuerzo de investigación de AB.

En 1987, el programa se trasladó de Al Muthanna a otro sitio en Al Salman (Salman Park). Bajo el control de Ahmad Murtada, director general del Centro de Investigación Técnica, se amplió el personal y la cantidad de agentes investigados. Los aspectos armamentísticos del programa fueron tomados por la Comisión Militar de Industrialización.

En 1988, abrieron instalaciones en Al Hakum (planta de producción de proteínas unicelulares). Esta fue la instalación de producción más importante de AB del programa iraquí. En esta planta se comenzó en 1989 con la producción de 8.000 litros de esporas de ántrax. Todo el sitio fue enmascarado como una planta de producción de alimento para aves de corral⁵⁷.

En mayo de 1988, se agregó un grupo de investigación de toxinas fúngicas, que incluían micotoxinas del tricoteceno y más tarde aflatoxina.

Se agregó una tercera instalación en ese mismo período a las capacidades de AB iraquíes, la planta de vacunas para la fiebre aftosa, localizada en Al Dawrah, que fue adaptada para producir toxina botulínica hasta que fuese evacuada tres días antes de la operación Tormenta del Desierto en 1991. El doctor Hazim Ali dirigió la planta desde mediados de 1990, renombrándola Al Manal y comenzó inmediatamente a investigar la posibilidad del uso como AB de varios virus, entre ellos el de la conjuntivitis hemorrágica, el de la viruela del camello y el rotavirus.

El equipamiento de las plantas en cuestión fue adquirido de empresas europeas (Alemania Occidental, Suiza e Italia) fundamentalmente aprovechando las características de doble uso de dichos elementos. También las cepas de partida de muchos de los agentes investigados fueron obtenidas de la misma forma de diversas fuentes, incluidos los Estados Unidos⁵⁸, Gran Bretaña.

El programa de AB, en estas tres instalaciones (Salman Park, Al Hakum y Al Manal), también estudió y desarrolló armas basadas en los patógenos del botulismo y la gangrena gaseosa, y produjo munición que contenía ántrax y aflatoxina con stocks de cerca de 500.000 litros de agentes.

Cuando se inició "Tormenta del Desierto", en enero de 1991, Iraq había producido grandes cantidades de esporas de ántrax, toxina botulínica, Clostridium perfringens, aflatoxina y pequeñas cantidades de ricina y, además, tenía AB operacionales desplegadas en cinco sitios. Al Hakam protegía los stocks de agentes a granel en contenedores móviles y cambiaba su localización de manera aleatoria durante las hostilidades. El bombardeo inicial del 17 de enero de 1991 destruyó el único avión equipado con un tanque de pulverización listo para su uso. A pesar de esto, el trabajo continuó completando otros tres tanques, con planes para otros ocho en preparación.⁵⁹

La mayoría de las instalaciones fueron destruidas durante la Operación Tormenta del Desierto o durante las actividades de la Comisión Especial de las Naciones Unidas (UNSCOM, por sus siglas en inglés- *United Nations Special Commission*) que investigó la existencia de ADM en Iraq entre 1991 y 1999. Esta fue reemplazada por la Comisión de Monitoreo, Verificación e Inspección de las Naciones Unidas (UNMOVIC por sus siglas en inglés- *United Nations Monitoring, Verification and Inspection*

57 <https://web.archive.org/web/20070927193201/http://www.csmonitor.com/specials/inspections/suspicious.html>

58 Global Proliferation of Weapons of Mass Destruction: Hearings Before the Permanent Subcommittee on Investigations of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Fourth Congress, First Session, parte 2

59 https://www.cia.gov/library/reports/general-reports-1/iraq_wmd_2004/chap6.html#sect1

Commission), hasta su disolución en 2007, que verificó que nada quedaba de la previa capacidad en este (y otros) campos de ADM. Iraq nunca empleó sus municiones biológicas.

Otros programas de AB

China

No hay información pública sobre los programas de AB que China podría tener o haber tenido, más allá de las lógicas especulaciones que, dada la capacidad científico-tecnológica del país permiten inferir.

Egipto

En 1970 el presidente Anwar el Sadat manifestó que Egipto poseía AB, pero que no las usaría a menos que Israel lo hiciese⁶⁰. Al no ser este un país que haya ratificado la CABT, no tiene ninguna obligación formal para no desarrollar AB; de todas maneras, no ha vuelto a aparecer el tema en ninguna publicación posterior.

Francia

Después de la Segunda Guerra Mundial, Francia retomó sus trabajos en esta área en 1947 y nunca superó la escala laboratorio, al decidirse en 1956 que el esfuerzo de investigación se orientase a AN.

Israel

Israel inició un programa de AB en los meses previos al establecimiento de este estado en mayo de 1948 y lo continuó durante el posterior estallido de hostilidades con los países árabes. Se sospecha que se usaron AB para prevenir la reocupación de territorios conquistados en 1948. Se atribuyeron brotes de cólera en Egipto en noviembre de 1947 y en el límite entre Palestina y Siria en febrero del 48 a Israel.⁶¹

Por declaraciones ante el Congreso de Estados Unidos, se sabe que el doctor Markus Klingerberg, subdirector del programa de AB de Israel fue detenido en ese país, en 1983 con cargos de espionaje a favor de la URSS. En ese momento se desempeñaba en un instituto en Ner Ziona, que desarrollaba trabajos altamente clasificados sobre AB y AQ⁶².

Dado el avanzado estado de la investigación y desarrollo biológicos en Israel y la sobresaliente calidad de su industria militar, es razonable asumir que podría haber creado capacidades de AB altamente eficaces.

República Democrática Popular de Corea

No existe información confirmada de que la República Democrática Popular de Corea (Corea del Norte o RDPC) tenga un programa de AB con un nivel apreciable de desarrollo y como país miembro de la CABT sería ilegal su participación en un programa de esa naturaleza.

Estados Unidos estima que el programa se originó en la década de 1960, y un informe del gobierno ruso de 1993 afirma que los norcoreanos estaban probando armas biológicas en una isla. Los

⁶⁰ <https://fas.org/nuke/guide/egypt/bw/index.html>

⁶¹ Normak, M., et al.: *Israel and WMD: Incentives and Capabilities*. FOI-R-1734. Umea (2005).

⁶² Global Proliferation of Weapons of Mass Destruction: Hearings Before the Permanent Subcommittee on Investigations of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Fourth Congress, First Session, parte 2.

rusos también mencionaron que la RDPC tenía existencias de cultivos del virus de la viruela, que debieron haber sido destruidos después de la erradicación de esa enfermedad, pero que no lo fueron⁶³.

Otras fuentes afirman que los norcoreanos tienen la capacidad e infraestructura para el desarrollo de AB. No está claro si esos informes diferencian la investigación legítima de un programa encubierto, especialmente porque las acusaciones a menudo se refieren a enfermedades endémicas de la península de Corea⁶⁴.

Sudáfrica

Dentro de su programa de ADM, **Sudáfrica** mantuvo un programa de AB a partir de 1981 hasta, oficialmente, 1995. Fue el llamado Proyecto Costa (Project Coast) y cubría tanto el campo biológico como el químico y sus objetivos fueron tanto ofensivos como defensivos⁶⁵.

El programa operó bajo la cobertura de varias empresas privadas para ocultar sus lazos con el gobierno, estaba dirigido técnicamente por el doctor Wouter Basson, (oficial de proyecto), quien también era el médico personal del Primer Ministro del país, Pieter Willem Botha. Gran parte de su trabajo se centró en el desarrollo de toxinas destinadas a asesinatos de opositores al régimen, con métodos muy elementales de dispersión de los agentes⁶⁶.

En particular, su principal ente de investigación y desarrollo biológico fue el Roodeplaat Research Laboratories (RDL), el cual era una instalación dedicada a la investigación y ensayo con animales de sustancias producidas por Delta-G Scientific, otra empresa del proyecto. RDL había sido creado por Daan Goosen, un veterinario, a instancias de Basson en 1983. De acuerdo con sus declaraciones, la parte más novedosa del programa fue la investigación y desarrollo sobre agentes antifertilidad para la población de color del país, aunque este proyecto nunca produjo resultados concretos⁶⁷.

El programa también era apoyado por la otra organización, Delta-G Scientific, que se centraba principalmente en los agentes químicos, pero también fabricó productos bioquímicos.

Basson fue arrestado en 1997 por haber producido varias drogas de consumo callejeros, como el éxtasis (MDMA)⁶⁸.

Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

El **Reino Unido** continuó con sus actividades en el campo de AB luego de terminada la Segunda Guerra Mundial, con ensayos con los agentes productores de diversas enfermedades (plaga, brucelosis, tularemia, encefalomiélitis equina y virus de la viruela).

Se desarrollaron cinco ensayos en alta mar, en los que se utilizaron animales y esparcieron aerosoles de diversos agentes (operaciones Antigua; Cauldron; Hesperus; Ozone; y Negation; entre 1948 y 1955).

El gobierno canceló todos los programas ofensivos de AB en 1956.

63 Op. cit. Normak, M., et al.: *Israel and WMD: Incentives and Capabilities*

64 Waldenström, L., et al.: *North Korea's Chemical and Biological Programmes in 2005: Real or Outdated Threats*. FOI -R 1679 -SE Umea (2005).

65 Un informe completo sobre este programa puede verse en el informe de la ONU: Gould, C.; Folb, P.: *Project Coast, Apartheid's Chemical and Biological Warfare Programme*. UNIDIR, Ginebra (2002).

66 Op. cit. Normak, M., et al.: *Israel and WMD: Incentives and Capabilities*

67 Op. cit. Waldenström, L., et al.: *North Korea's Chemical and Biological Programmes in 2005: Real or Outdated Threats*

68 Ídem.

Tipos

Como expresamos al comienzo de este documento, las armas biológicas consisten en los agentes biológicos y las municiones, equipo o medios empleados para su distribución.

Los agentes de armas biológicas actúan mediante sus efectos patógenos sobre los organismos vivos. Los agentes biológicos del futuro podrían también dañar equipos y provocar corrosión o degradación de sus componentes plásticos o de caucho. La mayoría de los agentes de armas biológicas son organismos vivos que pueden reproducirse y multiplicarse una vez dispersos. Esta característica les permite incrementar sus efectos a través del tiempo.

En comparación con otros tipos de armas, las AB tienen características diferenciales:

- > Su efecto no es instantáneo y pueden pasar entre horas a semanas antes de que aparezcan los síntomas de la enfermedad causada por el patógeno o la toxina.
- > Las dosis necesarias para obtener efectos son menores que las requeridas, por ejemplo, por los AQ, debido a que los agentes tienen la capacidad de multiplicarse dentro de los seres vivos afectados.
- > Algunos agentes biológicos tienen la capacidad de transmitirse entre los individuos afectados (aunque no todos), lo que permitiría lograr efectos de epidemias de amplia dispersión tanto en efectos como en tiempo.
- > Los AB, como los AQ en general, no atacan el equipamiento o las instalaciones. Sólo los seres vivos son afectados.

Los agentes que causan enfermedades contagiosas tienen la capacidad de desencadenar una epidemia, especialmente si las condiciones sanitarias locales son precarias. Desde el punto de vista de la guerra biológica, esos agentes son evidentemente más valiosos, porque tienen el potencial de infligir el mayor daño. Otras características inherentes que influyen en la idoneidad de los agentes biológicos para propósitos de guerra incluyen: infección, virulencia, toxicidad, período de incubación, letalidad y estabilidad.

Los agentes biológicos susceptibles de ser utilizados en armas se clasifican normalmente en cinco categorías: **bacterias, virus, rickettsiae, hongos y toxinas**. Otros agentes como los **priones** deberían ser incluidos en esta lista.

Los **virus** son microorganismos compuestos de moléculas de ácido nucleico revestidas de proteína. Algunos tienen también una capa de lípidos que los recubren. Son significativamente más pequeños en tamaño que las bacterias (entre 0,2µm y 0,02µm) y sólo pueden cultivarse dentro de células vivas. Los virus son abundantes en la naturaleza. Son capaces de mutar por sí mismos o pueden ser alterados genéticamente para aumentar su efectividad.

Al colonizar la célula huésped, produce en ella cambios que pueden causarle la muerte. Esto explica la patogenicidad de los virus. Las enfermedades virales generalmente no pueden ser tratadas con antibióticos. Algunos agentes virales utilizables en armas biológicas incluyen el virus de la *encefalitis equina venezolana (VEEV)*; del *Ébola*, del *Hanta*, de la *fiebre del Valle del Rift* y de la *fiebre amarilla*. El *virus Junín*, productor de fiebre hemorrágica del Mal de los Rastrojos, fue también evaluado por los Estados Unidos y por la URSS como arma.

Las **bacterias** son organismos unicelulares compuestos por citoplasma y una membrana celular. Son los seres vivos más abundantes del planeta. Varían en sus formas desde esferoides (cocos, como los estafilococos), barras (bacilos como la *Escherichia coli*) o espirales (espirilos o espiroquetas como el *treponema pallidum*) y tamaños que van desde los 0,5µm a varios cientos de µm.

En general se pueden desarrollar (cultivar) en medios artificiales, ya sean sólidos o líquidos, y se replican por división lineal. Algunas bacterias son patógenas y a pesar de que la mayoría puede

ser contrarrestada con antibióticos, se pueden seleccionar variedades resistentes a los tratamientos conocidos. Asimismo, algunas bacterias en determinadas condiciones, desfavorables para su desarrollo, pueden transformarse en esporas, siendo éstas más resistentes al calor, frío, humedad, productos químicos y hasta radiación, baste con recordar el ejemplo de la isla Gruinard que tardó 40 años en ser descontaminada por la presencia de esporas de ántrax.

Las bacterias pueden causar enfermedades en sus huéspedes principalmente a través de dos mecanismos, o la invasión de los tejidos o la producción de toxinas. Algunas usan los dos métodos, como por ejemplo la bacteria *Shigella*, una de las causantes de la disentería.

Algunos agentes bacteriológicos utilizables en armas biológicas incluyen: *bacillus anthracis* (*Ántrax*), *brucella suis* (*Brucelosis*), *yersinia pestis* (*Peste*), *vibrio cholerae* (*Cólera*), *pasteurella tularensis* (*Tularemia*) y *salmonella typhi* (*Fiebre tifoidea*).

Las **rickettsias** son microorganismos con una estructura similar a las bacterias, pero, como los virus, no pueden reproducirse fuera de las células de organismos vivos. Las rickettsias son parásitos intracelulares, no forman esporas y tienen tamaños entre los 0,2 µm y 0,5 µm. Suelen vivir dentro de las células que revisten capilares sanguíneos y, en consecuencia, dichos vasos se inflaman o se obstruyen, o bien comienzan a perder sangre dentro de los tejidos que los rodean. De manera similar a las bacterias, las rickettsias son tratables con antibióticos. En general, son transmitidas por insectos. Las rickettsias que pueden ser utilizadas en armas biológicas incluyen *coxiella brunetti* (*fiebre Q*), *bartonella quintana* (*fiebre de las trincheras*), *rickettsia prowasecki* (*tifus epidémico*) y *rickettsia rickettsii* (*fiebre maculana*).

Los **hongos** son organismos que, en general, producen esporas y que se alimentan de materia orgánica. Los que han sido considerados para ser utilizados como AB en general han sido pensados como agentes antivegetales. Pueden crecer como organismos unicelulares, como las levaduras, o multicelulares, como el moho que crece en hifas agrupadas en micelios.

Algunas especies de hongos producen toxinas estables extremadamente venenosas como, por ejemplo los de la familia *Fusarium*, que al contaminar cereales pueden producir micotoxinas llamadas tricotecenos⁶⁹. O los hongos de la familia *Aspergillus*, que pueden producir la aflatoxina, uno de los más poderosos carcinogénicos conocidos.

Las micosis son, en general, tratables con agentes antimicrobianos. Algunos agentes micóticos que son susceptibles de ser utilizados en armas biológicas incluyen al *colletotrichum kanawae*, *helminthosporiumoryzae*, *microcyclus ulei* y *puccinia graminis*.

Las **toxinas** son sustancias venenosas producidas o derivadas de animales, plantas o microorganismos. A diferencia de los otros tipos de agentes biológicos, las toxinas no son organismos vivos y, por lo tanto, son incapaces de reproducirse. Por lo general, consisten en una cadena de aminoácidos, que puede variar en peso molecular desde el orden de unos pocos cientos (péptidos), conocidas como toxinas no proteicas; o del orden de cien mil (proteínas), conocidas como toxinas proteicas. La saxitoxina (producida por algas marinas y luego ingerida por almejas y mejillones) y las micotoxinas llamadas tricotecenos, una familia de unos 100 compuestos tóxicos fabricados por ciertas cepas del moho *fusarium* que crecen en el trigo, mijo y cebada, son ejemplos de toxinas no proteicas. Mientras que la toxina tetánica o de la difteria son proteicas.

Algunas toxinas pueden ser producidas artificialmente. Estos compuestos químicos, cualquiera sea la manera de preparación, ya sea por biosíntesis o síntesis orgánica, están cubier-

⁶⁹ Existieron alegaciones del empleo de tricotecenos, particularmente los identificados como T2, durante operaciones en la Guerra de Vietnam por parte de los Estados Unidos y en Afganistán por parte de la URSS. Estas acusaciones no fueron probadas.

tos tanto por la CABT como por la CAQ, dado que responden a la definición de armas dada por ambas convenciones.

TABLA 1- ALGUNAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS QUE PUEDEN SER USADAS COMO AB⁷⁰

Enfermedades	Período de incubación (días) ⁽¹⁾	Duración de la enfermedad (días) ⁽²⁾	Dosis infecciosa ⁽³⁾	Infección secundaria ⁽⁴⁾	Mortandad en casos no tratados	
Transmitidas por vía aérea	Difteria	2-7	7-70	nd	leve	alta
	Tularemia	2-3	14-21	baja	alta	alta
	Influenza	1-3	7-14	baja	alta	leve
	Fiebre de Lassa	7-17	nd	nd	leve	alta
	Peste pulmonar	2-3	1-2	baja	alta	alta
	Meningitis bacterial	2-10	?-14	nd	leve	alta
	Ántrax (pulmonar)	1-5	3-5	moderado	alta	alta
	Fiebre Q	14-21	7-21	baja	leve	leve
Transmitidas por alimentos o agua	Campilobacteriosis	1-10	5-14	moderado	leve	leve
	Disenteria	2-3	5-14	baja	alta	leve
	Infecciones con Escherichia coli	2-5	7-14	baja	leve	leve
	Hepatitis A	10-40	35-42	baja	leve	leve
	Cólera	1-5	7-14	alta	leve	leve
	Salmonelosis	1-2	1-4	alta	leve	leve
	Fiebre tifoidea	7-21	14-28	baja	alta	alta
Transmitidas por insectos	Peste bubónica	2-7	14-21	baja	leve	alta
	Tifus	6-15	21-28	baja	leve	alta
	Fiebre Amarilla	3-6	7-10	baja	leve	alta
	Tularemia	1-10	14-21	baja	leve	baja
	Encefalitis equina venezolana	4-20	3-5	baja	leve	baja

(1) Los períodos de incubación dependen entre otros aspectos de la dosis infecciosa, de la vía de acceso y varían ampliamente.
(2) La duración de la enfermedad varía de individuo a individuo.
(3) Baja dosis infecciosa corresponde entre 1-103 organismos; moderada entre 104 - 106 organismos; y alta > de 107 organismos.
(4) Esto se refiere a la posibilidad de transmisión de individuos infectados a individuos no infectados.

Fuente: FBI Informer on Biological Weapons

El producto tóxico más potente conocido por la ciencia actual es una toxina producida por el *Clostridium botulinum*, la toxina botulínica, principal ingrediente del producto cosmético bótox, que es entre mil y cien mil millones de veces más letal que el cianuro de hidrógeno.

70 Ver también la lista del CDC relacionada a bioterrorismo en <https://emergency.cdc.gov/agent/agentlist-category.asp>

Algunas de las toxinas utilizables en armas biológicas incluyen *aflatoxinas*, *toxinas botulínicas*, *ricinas*, *toxinas de estafilococos áureos* y *saxitoxinas*.

Finalmente, los **priones** que son agentes causantes de enfermedades que no son ni bacterianos, ni micóticos, ni virales y no contienen ningún material genético. Un prión es una proteína que normalmente es inofensiva. Por causas que se estudian, a veces se doblan en una forma anormal, transformándose en un patógeno. Entonces coopta otros priones normales para convertirlos a su forma. Descubiertos en 1997, el Dr. Stanley B. Prusiner recibió el Premio Nobel de Medicina por ello. Se los considera responsables de varias enfermedades del sistema nervioso como la de la "vaca loca", la de Creutzfeldt-Jacob (versión humana de la anterior), el kuru y algunas formas de Alzheimer, entre otras. Hasta la fecha no hay evidencias de su empleo en relación con AB, por lo que no los trataremos en este documento.

Métodos de producción de agentes biológicos

Los métodos de producción de agentes biológicos dependen de la escala que se intenta alcanzar. Un programa para la producción militar de AB requiere la conjunción de varios elementos. Estos incluyen experiencia en biotecnología, equipamiento, instalaciones de almacenamiento y una red de proveedores de equipos y cultivos de agentes. Además, sería necesario financiar dicho programa, así como amplias redes logísticas y organizativas.

Por ejemplo, la planta de producción de armas biológicas de Pine Bluff, en los Estados Unidos, mencionada anteriormente, llamada X-201, construida en los años 50, era una instalación que tenía diez pisos, tres de ellos subterráneos y estaba equipada con diez fermentadores para la producción masiva de patógenos bacterianos. Esta instalación y su planta de llenado de munición asociada requerían un suministro de agua de casi ocho millones de litros de agua por día, un suministro de energía eléctrica de cinco megavatios y una fuerza de trabajo inicial de alrededor de 900 personas. Los avances tecnológicos, tanto en equipamiento básico como en instrumentación y control, ya para la década de los 80 había reducido los requerimientos de personal. Una planta de mucho menor capacidad de producción, en 1987, por ejemplo, cuando los iraquíes iniciaron un programa de AB de alguna consideración en Salman Park pudo operar con un plantel de 18 técnicos y operarios.

Hoy las instalaciones para producir los agentes siguen la tecnología imperante para casi todas las empresas farmacéuticas que puede obtenerse en plantas multipropósito-multiproducto, de menor tamaño que la de Pine Bluff, pero de la misma o superior eficiencia en términos de variedad de productos finales y volúmenes de agentes producidos. Dado que la misma instalación puede ser usada para la producción de agentes biológicos, antídotos y vacunas, esto implica un serio problema para detectar plantas involucradas en la producción de AB.

Los objetivos de un ataque con AB determinan las cantidades requeridas de agente y el tipo de medio de dispersión de estos. Para acciones de sabotaje, serán suficientes cantidades del orden de gramos, mientras que para operaciones militares serán requeridas toneladas. Los requerimientos de experiencia en el campo de AB y del equipamiento necesario variarán acorde a los conocimientos y equipamiento elementales hasta complejas instalaciones industriales.

A pesar de los modestos éxitos de algunos individuos y grupos para desarrollar armas biológicas en pequeñas cantidades, los métodos de producción de agentes para fines militares se centran en los procesos y tecnologías existentes que se pueden aplicar para la producción a gran escala de AB. Estos incluyen técnicas de fermentación, división genética y recombinación de ácido desoxirribonucleico (es decir una molécula de ADN artificial formada de manera deliberada in-vitro por la unión de secuencias de ADN provenientes de dos organismos distintos que normalmente no se encuentran juntos - ADN_r), medidas de contención, medidas de estabilización y otros avances en biotecnología.

Mientras que la tecnología de producción es particular a cada agente, la manufactura de agentes biológicos entraña generalmente la selección de los microorganismos que se van a utilizar, ya sea a partir de fuentes naturales o de cultivos mantenidos con propósitos médicos o de investigación; cultivar los microorganismos sembrando en el medio adecuado de crecimiento (en el caso de las toxinas, extrayendo el cultivo de una fuente animal o vegetal apropiada) hasta que se obtengan las cantidades deseadas; concentrar el cultivo para aumentar su potencia y hacerlo apropiado para fines bélicos; y estabilizar el cultivo para protegerlo de la degradación ya sea durante su almacenamiento o su utilización. Si la intención es producir agentes biológicos en forma de polvo desecado, el cultivo líquido obtenido según lo descrito es secado y luego molido en partículas microscópicas. Generalmente, los procedimientos para la producción de agentes biológicos específicos están bien documentados en la literatura disponible y el equipo necesario para producirlos es de uso dual. Esto significa que cualquier país que desee producir cierto tipo de agentes biológicos puede probablemente hacerlo con poco esfuerzo e infraestructura especializada.

Cultivo de agentes biológicos

La producción a gran escala de bacterias y hongos puede lograrse a través de su cultivo en fermentadores. La fermentación es un proceso de reproducción biológica natural que tiene un gran número de aplicaciones comerciales e industriales legítimas, y se utiliza en la producción, entre otros, de cerveza, pan, leche y queso. En los fermentadores, las bacterias normales pueden ser cultivadas, es decir pueden reproducirse rápidamente en grandes cantidades en un entorno natural; la fermentación controlada artificialmente acelera este proceso y los organismos biológicos unicelulares pueden reproducirse exponencialmente.

El primer paso en el proceso de fermentación es poner el agente en un fermentador, donde se mezcla con un medio líquido estéril “nutriente”. Con la ayuda del nutriente, las células se reproducen exponencialmente en cuestión de minutos u horas.⁷¹

La fermentación representa el método más fácil y rentable para la producción de agentes biológicos, ya que esta tecnología está disponible tanto en el mercado, como también en empresas que hoy las usan con fines legítimos. Se encuentran disponibles fermentadores, separadores centrífugos y filtros en instalaciones e industrias de investigación médica, laboratorios de control de enfermedades, instalaciones de investigación y administración de vacunación, industrias y proveedores farmacéuticos, plantas de producción de pesticidas y herbicidas, y cervecerías.

Además del fermentador, será necesario equipamiento para esterilizar el medio nutriente, a fin de evitar contaminar los cultivos. Dependiendo de la toxicidad del agente cultivado, el sistema requerirá estar aislado del medio, para evitar que en caso de fugas se vea afectado el personal que trabaja en la instalación o la población circundante⁷².

La producción de agentes virales y rickettsia requiere diferentes tecnologías de producción. Estos microorganismos solo pueden reproducirse dentro de células vivas, lo que impone dos técnicas para su cultivo: en animales vivos o en células de tejidos cultivadas.

Este último sistema ofrece un mayor control, pero mayores obstáculos técnicos. Las células deben adherirse a una superficie para crecer y también requieren un medio de cultivo complejo basado en suero sanguíneo obtenido de animales. Avances en biotecnología permiten hoy desarrollos que resultan en mayores concentraciones de células de mamíferos y una mayor recuperación del

71 En condiciones de laboratorio, las bacterias crecen hasta alcanzar densidades de 10^{14} bacterias por litro de nutriente. Por ejemplo, en el caso de la *E. coli*, esto ocurrirá en aproximadamente 10 horas.

72 Recordar el caso de la planta soviética de Sverdlovsk y la fuga de esporas de ántrax en abril de 1979 ya mencionadas.

producto buscado. La tecnología de fibra hueca ofrece un método aún más eficiente de cultivar células de mamíferos para el cultivo de virus o rickettsias. Bajo este proceso, las células se cultivan en la superficie exterior de fibras delgadas que se sumergen en medio de crecimiento; el aire se bombea a través de las fibras y se difunde a través de la pared de fibra para llegar a las células. Mientras que un solo biorreactor de fibra hueca equivale a varios miles de botellas de un litro (en términos de producción), ocupa menos de una vigésima parte del volumen. Por lo tanto, las nuevas técnicas de cultivo celular simplifican en gran medida la producción de virus y rickettsias y permiten rendimientos a gran escala desde instalaciones relativamente pequeñas.

Almacenamiento

Luego de la separación de los microorganismos de interés o de las toxinas, se debe proceder a su secado y posterior almacenamiento. Este, en general, se hace a bajas temperaturas, dependiendo del tiempo que se prevea deberá guardarse el material previo a su empleo, siendo el más seguro el de congelar el material a -170°C , que, aunque costoso y complejo, es el único que reduce la posibilidad de afectados entre el personal encargado de la custodia del material. Los programas militares de AB preveían la producción de los agentes cercana en el tiempo a su carga en los medios de empleo para evitar problemas de seguridad en la propia tropa.

TABLA 2 - TÉCNICAS PRINCIPALES DE PRODUCCIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS

Tipo de agente	Producción de baja tecnología	Producción de alta tecnología
Bacteria	Fermentación por lotes, producción en animales	Variedades genéticamente diseñadas, fermentación de flujo continuo
Rickettsia & Virus	Cultivo en huevos, cerebros de ratón o cultivo de tejidos (rodillos de botellas)	Cultivo en células de mamíferos cultivadas en microesferas o fibras huecas
Toxinas proteicas	Fermentación y purificación por lotes de una toxina bacteriana, o extracción de toxina de una fuente vegetal o animal	Clonación del gen toxina en el huésped microbiano, extracción
Toxinas no proteicas	Extracción de origen vegetal o animal	Clonación de una serie de genes, cada uno gobernando la producción de una de las enzimas necesarias para completar un paso en la vía biosintética

Fuente: Office of Technology Assessment, Technologies Underlying Weapons of Mass Destruction, 1993

Los sistemas de dispersión de AB

La fabricación de sistemas adecuados para la dispersión de los agentes biológicos, es decir, lo que normalmente entendemos como el arma en sí, es la tarea más difícil en la realización de las operaciones biológicas.

Los agentes biológicos pueden dispersarse mediante una variedad de municiones con explosivos, vaporizadores, aerosoles o vectores animales. Por su estado físico, lo más probable es que los agentes biológicos sean propagados como una suspensión líquida o como un polvo de los organismos o toxinas secos. Aunque la difusión de agentes biológicos por pulverización (aerosol) es simple y podría utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones para sabotajes, cuando se

trata de operaciones militares, es un proceso complejo y técnicamente desafiante y es quizás el obstáculo tecnológico más difícil de superar para crear un programa de AB. El principal desafío es mantener los agentes vivos el tiempo suficiente para producir los efectos previstos. El agente debe ser capaz de soportar las tensiones físicas implicadas en la diseminación sin perder viabilidad o toxicidad.

Munición Biológica generadora de aerosoles

Hay dos tipos básicos de municiones biológicas: municiones de fuente puntual y tanques de fuente lineal (*spray tanks*). Dentro de cada categoría, puede haber múltiples formas y configuraciones. Las primeras son típicas de artillería, tanto de tubo como de proyectiles autopropulsados; mientras las segundas son comúnmente usadas desde aeronaves. Cada tipo de munición puede ser diseñada para diseminar líquidos o polvos secos.

La munición de fuente puntual puede ser proyectiles de artillería o bombas de carga única o cargadas con submuniciones. Las submuniciones biológicas son generalmente de forma esférica o cilíndrica, están energizadas por una carga explosiva o gas a presión, y tiene una espoleta que es armada durante su patrón de vuelo. Las más eficientes por lo general tiene un volumen de agente entre 50 y 250 cm³. El número de submuniciones por kilómetro cuadrado de objetivo puede variar de unas pocas docenas, si contienen un agente como *Francisella tularensis*, a varios miles si contienen un agente como la toxina botulínica (A).

La ventaja de las submuniciones es que pueden saturar el objetivo. Cada una proporciona un aerosol que eventualmente se fusionará con los aerosoles del resto, por lo tanto, darán una cobertura más predecible en el objetivo, incluso en condiciones meteorológicas deficientes. Su mayor desventaja es que, alrededor del cinco por ciento del agente permanecerá en el lugar de caída, lo que permite su rápida identificación.

La munición de fuente lineal puede ser un tanque oblongo, similar en apariencia a un tanque de combustible suplementario de una aeronave o puede estar contenido dentro de la cabeza de combate de un misil crucero, que tiene sus propios mecanismos de control interno que dictan cuándo el agente es liberado. Los tanques de agente tanto seco como líquido varían en tamaño, conteniendo volúmenes de entre 100 y 1000 litros.

Las municiones que generan la dispersión del agente a través de una carga explosiva utilizan la expansión de gases generada por la detonación para dispersarlo. No son tan efectivas como otros métodos, ya que el estallido de los explosivos podría destruir a gran parte de los microorganismos o las toxinas. Otro problema de la munición explosiva es que son incapaces de controlar el tamaño de partícula de los agentes, que es crucial para una diseminación efectiva.

Otros métodos de dispersión

Los agentes biológicos también pueden alcanzar a sus blancos previstos, sean humanos, animales o vegetales, por medio de fuentes de infección vivas. Ejemplo de estos sistemas es el uso de insectos contaminados como vectores. Los mosquitos pueden ser usados para transmitir la tularemia o malaria, pulgas para la peste bubónica, y piojos para el tifus. La desventaja de este sistema, además de las dificultades logísticas de la cría oportuna de los vectores, es que una vez desplegados, será muy difícil controlar que no salgan del área que se ataca, por un lado y por el otro, que desaparezca la infección cuando se ocupe con medios propios la zona.

Esto también es aplicable cuando el agente es el mismo insecto, como en el caso del escarabajo de la papa, previsto como agente anticultivos.

Por último, se han usado seres vivos para transmitir enfermedades de individuo a individuo.

Efectos de las AB

Los efectos de las armas biológicas dependen de varios factores, que incluyen el tamaño y calidad de los agentes empleados, la diseminación efectiva, las condiciones ambientales y la susceptibilidad del objetivo.

¿Qué se necesita para producir un volumen de patógenos a la escala necesaria para un ataque significativo o catastrófico? Dependiendo del tipo de patógeno, la cantidad necesaria para un ataque catastrófico podría variar de varios mililitros a tambores de 200 litros.

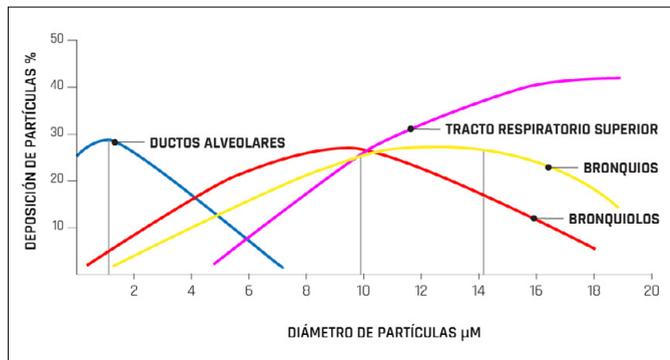
Diferentes tipos de agentes provocan diversos resultados. Por ejemplo, mientras que algunos agentes son letales, otros solamente incapacitan y mientras algunos son contagiosos y capaces de desatar una epidemia, otros no. Adicionalmente, algunos agentes son más susceptibles de tratamiento que otros. La calidad de los agentes utilizados también constituye una diferencia.

Por ejemplo, los agentes necesitan ser estabilizados para protegerlos de la descomposición natural mientras están almacenados y de las condiciones ambientales cuando son empleados. Dado que la mayoría de los agentes biológicos resultan ser frágiles organismos vivos, son muy sensibles a las condiciones ambientales. La exposición a la luz solar, a los contaminantes del aire, un inadecuado o rápido cambio del nivel de humedad y hasta el oxígeno pueden inactivarlos. Aunque la mayoría de los agentes pueden ser estabilizados efectivamente contra la exposición, los efectos de las condiciones ambientales son, a pesar de todo, difíciles de predecir y controlar.

En condiciones de igualdad, un agente estabilizado tiene una mayor posibilidad de penetrar exitosamente su objetivo. Aquellos agentes que generan esporas, como el caso del *Bacillus anthracis*, pueden sobrevivir largos períodos aún en condiciones de almacenamiento no ideales. Otros requieren de un proceso llamado micro-encapsulado donde cada microorganismo o la toxina son recubiertos de una capa protectora que puede ser de lípidos, almidón, goma, gelatina, etc.

Una diseminación exitosa desempeña un papel clave en la efectividad de las armas biológicas. Como se ha explicado, los agentes biológicos son más efectivos cuando se diseminan en forma de aerosol. Normalmente, con diseminación por aerosol se espera que entre el 40 y el 60 por ciento de los agentes sobreviva al proceso inicial de dispersión, mientras que en una diseminación explosiva probablemente sobreviva sólo cerca del 1 al 5 por ciento. En el caso de los agentes antipersonales, los aerosoles tienen generalmente la intención de contaminar el objetivo por las vías respiratorias. Para lograrlo, las gotas microscópicas que forman el aerosol deben tener un tamaño de partícula de aproximadamente 0,5-10 μm de diámetro, porque de otra forma no serían capaces de penetrar efectivamente los pulmones, como muestra la Ilustración 1. En el caso

ILUSTRACIÓN 1 - TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y PENETRACIÓN EN EL SISTEMA RESPIRATORIO⁷³



73 Adaptado de Al-Agamy, M.: *Tools of Biological Warfare*. Research Journal of Microbiology, 6: 193-245. 2011.

de los agentes vegetales, nuevamente se prefiere la dispersión por aerosol debido a sus mejores posibilidades de cubrir el área objetivo de manera apropiada.

ILUSTRACIÓN 2 - EJEMPLO DE LOS PASOS PARA CREAR UN AB AEROSOLIZABLE⁷⁴

 Obtención del patógeno	 Información técnica sobre AB	 Obtención del equipamiento	 Cultivo del agente	 Preparar AB	 Dispersión del agente
Suelo de un sitio de un evento reciente Colección de cultivos comercial (internet) Otros científicos Hospital, universidad/ Instituto de investigación	Internet Publicaciones técnicas	La mayoría puede obtenerse por internet de vendedores autorizados	Requiere experiencia en bacterias, virus o toxinas y también en bioquímica y fermentación	Requiere experiencia en materiales aerosolizables, molienda de partículas, y técnicas de aislamiento para prevenir infección del personal Difícil hacer un microbio más virulento y resistente a los antibióticos.	Requiere adquirir o fabricar el dispositivo o maquinaria para dispersar el agente, ya sea desde un medio aéreo, como un dron, desde el techo de un edificio o desde un vehículo

Finalmente, el nivel de protección disponible para los objetivos también tendrá importancia sobre los efectos de las armas biológicas. Alerta temprana, equipo de protección y tratamiento profiláctico y terapéutico pueden, en ciertas circunstancias, limitar los efectos de los agentes biológicos. Más ampliamente, la capacidad de los agentes contagiosos de diseminar una epidemia depende, a menudo, del nivel general de condiciones sanitarias que caracterizan el objetivo.

Doctrina de empleo

El empleo de AB ofrece tanto ventajas como desventajas

Por un lado, su costo de producción es más bajo que el de las armas nucleares, químicas o convencionales; pueden ofrecer una considerable flexibilidad táctica, ya que se dispone de una amplia gama de agentes que puede ser combinada en numerosas formas; y pueden atacar amplios objetivos durante períodos prolongados de tiempo dada su capacidad de multiplicarse y aun de provocar epidemias así como la de contaminar áreas por largo tiempo; pueden consumir recursos significativos del enemigo causando altos índices de mortalidad y exigiendo la movilización de recursos masivos en respuesta; pueden tener un impacto psicológico devastador sobre sus objetivos provocando el miedo de contaminación no perceptible y muerte inminente; y son idóneas para operaciones encubiertas porque pueden ser dispersadas discretamente y sus efectos tardan en desarrollarse. Asimismo, pueden ser usadas con fines de guerra económica, afectando cultivos o ganado y en función de nuevos desarrollos, contra blancos seleccionados en función de variaciones genéticas⁷⁵.

Por otro lado, las AB son esencialmente inseguras debido a que sus efectos son inciertos y nunca inmediatos, debido al período de incubación, que puede tomar desde horas hasta días después de la contaminación; su empleo conlleva el riesgo de contaminar incluso a los atacantes y pueden

⁷⁴ Adaptado de Frinking, E.; et al.: *The increasing threat of biological weapons*. The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS). 2016.

⁷⁵ The economist: *Improvised weapons - Hell's kitchens*. Science & technology. 21 de mayo de 2016.

complicar considerablemente otras operaciones militares, imponiendo regímenes onerosos de medidas precautorias. Su empleo está prohibido por varios tratados internacionales, lo que supone el riesgo de sanciones y la pérdida del apoyo de grandes sectores de la población, incluso de la propia.

Tomando cuidadosamente en consideración sus capacidades y sus limitaciones, las AB podrían ser empleadas tanto contra objetivos militares como civiles.

Militarmente, pueden ser útiles para atacar objetivos amplios y relativamente estáticos en la retaguardia del campo de batalla, como las áreas de concentración de tropas y los conglomerados de reserva, los emplazamientos de artillería y las bases de misiles, puestos de mando y de control, instalaciones logísticas, fortificaciones y bases navales o aéreas. Contra civiles, es posible emplear las armas biológicas para provocar epidemias en una escala masiva, para contaminar los abastecimientos de agua o alimentos o para llevar a cabo actos terroristas.

Las AB resultan quizás atractivas para Estados o actores subestatales que buscan adquirir capacidad de armas de destrucción en masa. Comparadas con las armas nucleares y químicas, las armas biológicas son considerablemente más fáciles de construir. Como se ha explicado, cualquier país o grupo subnacional decidido a producir algún tipo de agente biológico es capaz de hacerlo probablemente con una inversión mínima, pero su diseminación puede ser complicada. Por ejemplo, la secta japonesa *Aum Shinrikyo*, conocida por su ataque químico contra el subterráneo de Tokio en junio de 1995, había llegado a producir ántrax, pero fracasó en desarrollar un método viable de diseminación⁷⁶. El primer laboratorio de cultivo para producción de toxinas de la secta se estableció en 1990 y luego fue reemplazado por dos laboratorios nuevos. En ellos la secta cultivó y experimentó con toxina botulínica, ántrax, cólera y fiebre Q. En 1993, el líder de la secta, Shoko Ashahara y un grupo de 16 doctores y enfermeras viajaron a Zaire con el propósito de obtener muestras de Ébola. O en 2002, un grupo de fundamentalistas musulmanes fue encontrado produciendo la toxina ricina en la cocina de un departamento en Londres.⁷⁷

Si consideramos los métodos por los cuales los agentes biológicos pueden infectar a una población objetivo existen varias rutas para hacerlo. La inoculación directa, la infección de reservorios o la infección de vectores naturales y su dispersión en la población objetivo, o la infección de unas pocas personas, como vimos que sucedió con prisioneros chinos durante la Segunda Guerra Mundial, y la propagación de la infección a partir de ellos son algunos ejemplos posibles.

Si consideramos posibles acciones terroristas que buscaran infligir bajas masivas, ninguna de las posibilidades enunciadas en el párrafo anterior es actualmente muy probable para la mayoría de los agentes conocidos, con la excepción de la viruela, un virus que tiene la capacidad de propagarse de humano a humano.

Si se busca que los agentes alcancen directamente al huésped objetivo, se puede considerar el suministro de agua, los alimentos y los aerosoles como vectores potenciales de infección. El agua contaminada de pozos y tanques y cisternas de almacenamiento se ha asociado con brotes de enfermedades, pero la dilución, la cloración y el tratamiento habitual del agua antes del consumo hacen difícil alcanzar resultados por esta vía.

Los patógenos transmitidos por alimentos son una causa importante de morbilidad y mortalidad en casi todo el mundo⁷⁸. Y esto es a pesar de que, durante tiempo de paz, la cadena de suministro de

76 <http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol5no4/olson.htm>

77 <https://www.nti.org/gsn/article/one-suspect-convicted-in-uk-ricin-plot/>

78 De acuerdo con la OMS, anualmente un 10 por ciento de la población mundial sufrirá enfermedades por ingestión de alimentos contaminados y más de 400.000 fallecerán por ello. <https://www.who.int/news-room/detail/03-12-2015-who-s-first-ever-global-estimates-of-foodborne-diseases-find-children-under-5-account-for-almost-one-third-of-deaths>

alimentos está bien controlada desde la producción hasta el consumo. En tiempos de conflicto esto puede verse alterado. La mejora de la vigilancia de enfermedades transmitidas por los alimentos y los nuevos métodos de tipificación molecular de organismos patógenos deberían proporcionar una barrera a la difusión de los alimentos contaminados. Si algunos casos son reconocidos y rastreados a una fuente de suministro, las advertencias y retiros pueden servir para protegernos. Un caso de estudio es el de infección por Salmonella no letal de unos pocos cientos de ciudadanos⁷⁹ en los Estados Unidos por un grupo de ideología extrema.

El uso de aerosoles es el más adecuado si se busca causar un gran número de víctimas. Como contrapartida, sus desventajas operativas son la dependencia de las condiciones meteorológicas, la no disponibilidad de muchos agentes biológicos para la propagación aérea y las demandas técnicas.

Según un estudio de la OMS⁸⁰, se prevé que algunos agentes infecciosos produzcan entre 35.000 y 100.000 víctimas si se dispersan 50 kilos del patógeno con una fuente de línea, por ejemplo, con tanques de dispersión desde un avión o dron, y la nube formada pasa por la zona poblada.

Agente	Alcance (km a favor del viento)	Muertos provistos	Incapacitados
Fiebre del Valle del Rift	1	400	35000
Virus de la encefalitis por garrapatas	1	9500	35000
Tífus	5	19000	85000
Brucelosis	10	500	125000
Fiebre Q	>20	150	125000
Tularemia	>20	30000	125000
Ántrax	>20	95000	125000

En el caso de algunos de los agentes más estables, el alcance del viento descendente superaría los 20 kilómetros. La Oficina de Evaluación Tecnológica (1993) ha publicado cifras similares. Hay que tener en cuenta que los programas estadounidenses y soviéticos prepararon literalmente toneladas métricas, no kilogramos, de agente y que se disponían de dispositivos apropiados para la entrega de fuentes de línea o múltiples fuentes de puntos superpuestos (Alibek, 2001; Sidell et al., 1997).

El impacto en los miembros infectados de la población dependería del agente utilizado y de la naturaleza de la respuesta (por ejemplo, la alacridad del reconocimiento de los pacientes iniciales, la infraestructura médica y de salud pública, las reservas de vacunas y antibióticos)

A pesar de su atractivo, las armas biológicas son percibidas generalmente como no experimentadas, inestables y no muy útiles y, por lo tanto, militarmente inferiores a las armas nucleares o químicas.

Avances en las ciencias biológicas y tecnologías relacionadas

Por lo general, se entiende que las tecnologías emergentes⁸¹ tienen nuevos elementos que muestran un potencial disruptivo pero que aún no han desarrollado todo su potencial. Ese potencial disruptivo depende de la tecnología y la industria específicas, ya que puede significar el ofrecer nuevas

79 Török T.J.; et al.: *A large community outbreak of salmonellosis caused by intentional contamination of restaurant salad bars*. JAMA.;278(5):389-395. 1997. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9244330/>

80 OMS: *Health aspects of chemical and biological weapons*. Primera edición (1970)

81 Para definiciones de tecnologías emergentes ver Rotolo, D.; et al.: *What is an emerging technology?* Research Policy, vol. 44, no. 10 de diciembre de 2015, pp. 1827-43, p. 1831.

capacidades, antes no disponibles, reemplazar máquinas existentes o mano de obra, cambiar las cadenas de suministro, reestructurar industrias, revolucionar o hacer obsoletas ciertas clases de sistemas de armas. Generalmente representa el cambio de un paradigma⁸².

Las tecnologías colocadas habitualmente en esta categoría incluyen la fabricación aditiva, la inteligencia artificial, la biotecnología, la tecnología cuántica y la robótica⁸³.

Aunque el término tecnologías emergentes es de uso común, tiene limitaciones, particularmente en el contexto del control de armamento. La calificación emergente suele referirse a la tecnología como tal que, por definición, siempre se está desarrollando y no se detiene, mientras que en el contexto de este documento es usado para referirse a las aplicaciones emergentes de esa tecnología, en particular en el contexto militar.

Los avances científicos y tecnológicos en el campo de las ciencias biológicas, en particular en biotecnología y en biología sintética, han aumentado considerablemente el acceso y la probabilidad de que se utilicen enfermedades infecciosas como AB. Estos se relacionan tanto con la naturaleza y los costos de la investigación, como con la ampliación de los conocimientos especializados y la facilidad de acceso a ellos por parte de cualquier interesado.

Impacto de las biociencias

En 2011, el doctor Ron Fouchier “fabricó” un virus extremadamente peligroso por su potencial capacidad de infectar a humanos. Fouchier, un virólogo holandés del Erasmus Medical Center⁸⁴ de Rotterdam, afirmó que su equipo había “hecho algo realmente, muy estúpido” ya que produjo intencionalmente una mutación del virus H5N1⁸⁵. Casi al mismo tiempo, el Dr. Yoshihiro Kawaoka de la University of Wisconsin-Madison, lograba injertar un pico del gen del virus H5N1 en la gripe porcina H1N1/09 y creaba otra cepa transmisible y virulenta.

A pesar de los sólo 600 casos humanos del virus H5N1 (“gripe aviar”) en las dos décadas anteriores, la tasa de mortalidad excepcionalmente alta, de la enfermedad causada por este virus, superior al 50 por ciento, empujó al Consejo Asesor Científico Nacional para la Bioseguridad en los Estados Unidos (National Scientific Advisory Board for Biosecurity - NSABB)⁸⁶ a bloquear la publicación de las investigaciones de ambos equipos que se realizaban bajo los auspicios del Instituto Nacional de Salud de ese país (National Institutes of Health – NIH). Después de un acalorado debate en la comunidad científica, la Organización Mundial de la Salud finalmente autorizó a publicar los resultados⁸⁷. Mientras que el artículo de Kawaoka apareció en la revista *Nature*⁸⁸, el estudio original de Fouchier apareció en *Science*⁸⁹. Aunque ambos equipos generaron virus que no eran tan letales como sus formas conocidas, la preocupación de la comunidad científica era que la información divulgada en estos documentos pudiese permitir replicar las manipulaciones y armar un virus más contagioso.

⁸² Brimley, S.; et al.: *Game Changers: Disruptive Technology and U.S. Defense Strategy*, Center for a New American Security; Washington, DC, septiembre de 2013, pp. 4, 11.

⁸³ US Department of Commerce, Bureau of Industry and Security, 'Review of controls for certain emerging technologies', Federal Register, vol. 83, no. 223. 29 de noviembre de 2018. pp. 58 201–202.

⁸⁴ <https://www.erasmusmc.nl/>

⁸⁵ <https://www.nytimes.com/2012/06/22/health/h5n1-bird-flu-research-that-stoked-fears-is-published.html>

⁸⁶ El NSABB es un comité asesor que aborda cuestiones relacionadas con bioseguridad e investigación de doble uso para los Estados Unidos. El NSABB cuenta con una amplia gama de conocimientos especializados, que incluyen biología molecular, microbiología, enfermedades infecciosas, bioseguridad, salud pública, medicina veterinaria, sanidad vegetal, seguridad nacional, biodefensa, aplicación de la ley, publicación científica y otros campos relacionados.

⁸⁷ <https://www.nytimes.com/2012/03/31/health/h5n1-bird-flu-research-is-safe-to-publish-panel-says.html>

⁸⁸ <https://www.nature.com/articles/nature10831>

⁸⁹ <https://www.sciencemag.org/site/special/h5n1/index.xhtml>

En 2012, el Dr. Anthony Fauci, director del Instituto Nacional de Alergias y Enfermedades Infecciosas (National Institute of Allergy and Infectious Diseases), y actual director técnico del esfuerzo de Estados Unidos para controlar la pandemia del COVID-19, sostuvo que los beneficios en el avance de las vacunas de la investigación de Fouchier compensaban los riesgos.

La búsqueda de agentes patógenos aptos para el desarrollo de una AB no requiere necesariamente ingeniería genética: la viruela, la peste y el ántrax son lo suficientemente mortales en sus estados naturales. Pero la revolución de la biotecnología, en particular, las nuevas herramientas para analizar y cambiar específicamente el material genético de un organismo, ha elevado el riesgo de reaparición de AB debido a varios factores. Entre otros, por ejemplo, la expansión de la biotecnología en la investigación médica y en la producción de fármacos ha dado lugar a una disponibilidad mundial de conocimientos e instalaciones.

Desgraciadamente, la ingeniería genética no es simplemente una posibilidad teórica para ser usada en aplicaciones ofensivas, ya se ha aplicado en programas de armas, particularmente en la antigua Unión Soviética. Un ejemplo es el “ántrax invisible” de la URSS, resultante de la introducción de un gen en el *Bacillus anthracis* que altera sus propiedades inmunológicas^{90,91}, lo que hace muy difícil la detección temprana de la infección y, por lo tanto, demora el inicio del tratamiento correspondiente. Las vacunas existentes demostraron ser ineficaces contra esta nueva cepa genéticamente diseñada.

Considerando el rápido desarrollo de la biología molecular, es sólo una cuestión de tiempo antes de que la síntesis artificial de agentes o nuevas combinaciones de agentes sea posible. Como ejemplo podemos ver que en 2001 se daba la noticia de que un equipo de investigación de una universidad estadounidense había sintetizado químicamente un virus artificial de la poliomielitis desde cero⁹². Comenzaron con la secuencia genética del agente, que está disponible en línea, ordenaron pequeñas secuencias de ADN a medida y las combinaron para reconstruir el genoma viral completo. En un último paso, el ADN sintetizado fue traído a la vida mediante la adición de un cóctel químico que inició la producción de un virus patógeno vivo.

En principio, este método podría utilizarse para sintetizar otros virus con secuencias de ADN igualmente cortas. Esto incluye al menos cinco virus que se consideran posibles agentes biológicos, entre ellos el virus del Ébola, el virus de Marburgo y el virus de la encefalitis equina venezolana. Sin embargo, cabe señalar que este método es complejo, y probablemente sólo unos pocos expertos altamente capacitados serían capaces de dominar esta técnica, al menos por el momento.

También, hace ya casi 20 años, investigadores de la University of Pennsylvania documentaron por primera vez que la secuencia de un gen relacionado con la patogenicidad del virus vacuna (*Vaccinia virus*) podría transformarse a través de la mutación dirigida de 13 pares de bases en la secuencia del gen de la viruela correspondiente⁹³. Si esta técnica ya es aplicable a los genomas completos entonces deberá reconsiderarse la evaluación actual de la amenaza de la viruela, que fue declarada erradicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1980. Teniendo en cuenta el peligro extremo que la viruela representa para una población humana, ahora en gran medida no vacunada, parece al menos cuestionable hacer que la secuencia de viruela esté disponible en línea en la web.

90 Pomerantsev A.P, et al.: *Expression of cereolysine ab genes in Bacillus anthracis vaccine strain ensures protection against experimental hemolytic anthrax infection*. Vaccine, 15, 1846–1850 (1997)

91 Abrami, L.; et al.: *Hijacking Multivesicular Bodies Enables Long-Term and Exosome-Mediated Long-Distance Action of Anthrax Toxin*. Cell Reports, 2013; DOI: 10.1016/j.celrep.2013.10.019

92 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC124380/>

93 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC124380/>

En función del hecho de que los microorganismos naturales son capaces de degradar casi todos los materiales y ya se están utilizando para tratamientos de descontaminación ambiental, se han discutido los posibles usos de la biotecnología para fabricar microorganismos que puedan atacar la infraestructura, la logística o los suministros del adversario. Los organismos naturales son bastante lentos y poco fiables, pero, con la ayuda de la ingeniería genética, el desarrollo de organismos más eficaces podría ser posible, probablemente como para ser utilizados como AB⁹⁴.

Un informe del director de Inteligencia Nacional de Estados Unidos de 2019⁹⁵, expresa que, referido a las características de edición genética y las AB:

“Es probable que los rápidos avances en biotecnología, incluida la edición de genes, la biología sintética y la neurociencia, presenten nuevos desafíos económicos, militares, éticos y regulatorios en todo el mundo a medida que los gobiernos luchan por mantener el ritmo. Estas tecnologías son muy prometedoras para los avances en la medicina de precisión, la agricultura y la manufactura, pero también introducen riesgos, como la posibilidad de que los adversarios desarrollen nuevos agentes de guerra biológica, amenacen la seguridad alimentaria y mejoren o degraden el rendimiento humano”.

Con las generaciones futuras de tecnología similar a CRISPR y un conocimiento avanzado de la genética, no habría un fin teórico a la miseria que podría ser causada. Existe el potencial de crear cepas de enfermedades resistentes a los medicamentos, por ejemplo, o insectos protegidos por pesticidas, capaces de eliminar el cultivo básico de un país.

Con la evolución de tecnologías similares al CRISPR y un conocimiento avanzado de la genética, los riesgos implícitos son crecientes dado el potencial de crear cepas de enfermedades resistentes a los medicamentos, por ejemplo, o insectos resistentes pesticidas, capaces de eliminar el cultivo básico de un país.

Disminución de los costos vinculados

Los costos de sintetizar agentes biológicos han disminuido significativamente. Mientras que la determinación (incompleta) de la secuenciación de los «genomas humanos inaugurales» en 2001 tardó aproximadamente diez años y costó 3.000 millones de dólares⁹⁶, la secuencia completa del genoma humano se determinó en 4 meses y costó menos de un millón de dólares en 2008⁹⁷. Actualmente, la síntesis de secuencias cortas de ADN puede costar menos de 1 dólar estadounidense⁹⁸.

Junto con la información sobre la composición genética de los agentes biológicos, el equipo para sintetizar y secuenciar genomas se ha vuelto más sofisticado, más barato y accesible. Por ejemplo, a través de organizaciones no gubernamentales como BioBricks, uno de cuyos objetivos es generar el ejercicio de la ingeniería aplicada a la biología de una manera abierta y ética, es posible compartir cualquier función estandarizada genéticamente codificada de forma gratuita⁹⁹, al mismo

94 Sayler, G.: *Field applications of genetically engineered microorganisms for bioremediation processes*. Curr. Opin. Biotechnol., 11, 286–289.2000. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10851144/>

Stirling, F.; Silver, P.: Controlling the Implementation of Transgenic Microbes: Are We Ready for What Synthetic Biology Has to Offer? Mol Cell. 2020 May 21;78(4):614–623. doi: 10.1016/j.molcel.2020.03.034.

95 Director of National Intelligence de los EEUU: *Worldwide Threat Assessment of the US Intelligence Community*, Febrero de 2019. <https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/2019-ATA-SFR---SSCI.pdf>

96 <https://science.sciencemag.org/content/291/5507/1304>

97 <https://www.nature.com/articles/nature06884>

98 <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/DefenseTechnologyPapers/DTP-082.pdf?ver=2017-06-22-143029-967>

99 Ver: The BioBrick™ Public Agreement en <https://biobricks.org/>

tiempo que tiene programas para compartir equipos como el Open Material Transfer Agreement¹⁰⁰ que facilitan el acceso.

El siguiente gráfico, la llamada curva de Carlson, muestra cómo han disminuido los costos de sintetizar material genético y secuenciación de ADN en los últimos años, esperando que estas tendencias continúen (nótese que la escala de precios es logarítmica).

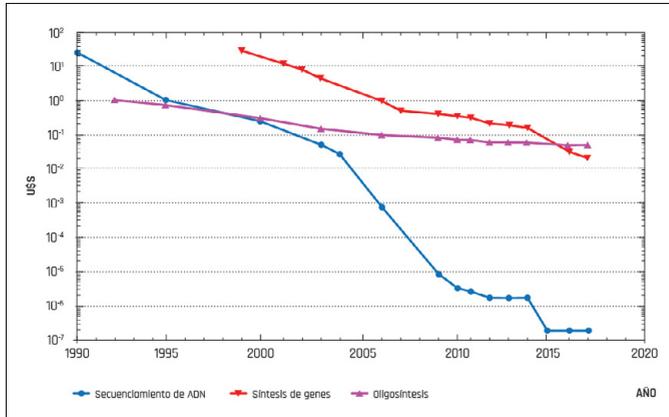
Aunque este gráfico muestra la disminución de los costos de obtención de las moléculas necesarias para construir organismos, el ensamblaje de esos oligonucleótidos en un genoma requiere alta experiencia y equipos especializados. La experiencia hasta ahora ha demostrado que la importancia del conocimiento tácito (o implícito)¹⁰² se pasa por alto comúnmente en los trabajos relacionados a las AB dado que el enfoque se centra en el acceso a materiales biológicos e información digital, más que en las prácticas humanas y las dimensiones institucionales¹⁰³.

Lo que no puede negarse, sin embargo, es que el desarrollo de métodos y equipos de síntesis más automatizados reducirá el umbral de experiencia necesario y el tiempo requerido para aprender su operación. Además, es ampliamente aceptado en estos días que cualquier estudiante avanzado de licenciatura en biología será capaz de diseñar un genoma funcional.

Marco legal

Desde el punto de vista legal, todos los países de la región han firmado numerosos acuerdos que prohíben la tenencia, empleo o previsión de uso de este tipo de armas, algunos de los cuales son el *Compromiso de Mendoza*¹⁰⁴ de 1991, firmado en esa ciudad entre nuestro país, Brasil y Chile y al cual se adhirieron más tarde Bolivia, Paraguay, Uruguay y Ecuador, en el que declaran la renuncia de estos estados a las ADM; la *Declaración de Ushuaia*¹⁰⁵ de 1998, firmada inicialmente por las naciones del Mercosur, que declara a la región libre de ADM, y se extendió en 2002 al resto de Sudamérica; el *Protocolo sobre la prohibición del uso en la guerra, de gases asfixiantes, tóxicos o similares y de medios bacteriológicos* de 1925, que prohibía el empleo de AB y AQ, pero no prohibía la investigación y desarrollo, ni el almacenamiento de estas armas y finalmente, la *Convención sobre la Prohibición*

ILUSTRACIÓN 3 - VARIACIÓN DE PRECIOS DE SECUENCIACIÓN DE ADN Y SÍNTESIS BIOLÓGICA - VALORES 2017¹⁰¹



100 <https://biobricks.org/open-material-transfer-agreement/>

101 Adaptado de http://www.synthesis.cc/synthesis/2016/03/on_dna_and_transistors

102 En la interpretación de Michael Polanyi: The Tacit Dimension. University of Chicago Press (2009).

103 Jefferson, C; et al.: *Synthetic biology and biosecurity: challenging the "myths"*. Front Public Health. 2014; 2:115. doi:10.3389/fpubh.2014.00115

104 http://www.iri.edu.ar/revistas/revista_dvd/revistas/R2/R2DOC02.html

105 <https://www.oas.org/csh/spanish/c&tdeclaracmercosurzonapaz.asp>

*del Desarrollo, la Producción y el Almacenamiento de Armas Bacteriológicas (Biológicas) y Tóxicas y sobre su Destrucción (CABT)*¹⁰⁶. Este último ha sido ratificado por 183 países, entre los que se incluyen el nuestro y los de la región.

La CABT entró en vigor en marzo de 1975 después de que 22 gobiernos la ratificaron. Fue el primer tratado multilateral de desarme que prohibió toda una categoría de armas de destrucción masiva. La Convención prohíbe el desarrollo, la producción, el almacenamiento y la adquisición de agentes biológicos o toxinas de cualquier tipo o cantidad que no tengan fines de protección, médicos u otros fines pacíficos, ni armas o medios de entrega de dichos agentes o toxinas. En virtud del tratado, todo ese material debía ser destruido en un plazo de nueve meses a partir de la entrada en vigor del Tratado. Cuenta actualmente con 183 estados parte y cuatro estados signatarios¹⁰⁷. Desde la entrada en el Convenio, se han celebrado ocho conferencias de examen. Ciento veinticinco estados parte participaron en la Octava Conferencia de Revisión en noviembre de 2017.

Los rápidos avances en las ciencias biológicas y sus características de doble uso han puesto a la CABT entre las prioridades del régimen de desarme internacional. Uno de los desafíos para la convención es su capacidad para seguir el ritmo de estos acontecimientos. Con el objetivo de fortalecer la capacidad institucional de la Convención, la Octava Conferencia de Revisión de 2017 decidió celebrar reuniones anuales de los estados parte y reuniones de expertos hasta 2020 para preparar y proponer acciones que refuercen el poder de este instrumento.

El problema más importante es la falta de acuerdo para establecer un régimen de verificación, similar al de la CAQ, para el seguimiento de las fuentes mundiales de patógenos peligrosos, aunque sí tiene medidas de construcción de confianza políticamente vinculantes. Además, requiere que los estados parte se consulten entre sí y cooperen, bilateral o multilateralmente, para resolver las preocupaciones en relación con el cumplimiento. La CABT permite a los miembros presentarse ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas (CSNU) si creen que otros miembros están violando la Convención. Sin embargo, el poder del CSNU para investigar esas denuncias nunca ha sido invocado.

También todos los países miembros de las Naciones Unidas deben dar cumplimiento a la Resolución del Consejo de Seguridad 1540 (2004)¹⁰⁸ sobre proliferación de armas de destrucción masiva. Esta resolución impone a todos los estados abstenerse de suministrar cualquier tipo de apoyo a agentes no estatales que traten de desarrollar, adquirir, fabricar, poseer, transportar, transferir o emplear armas nucleares, químicas o biológicas y sus sistemas vectores, en particular con fines terroristas. La resolución obliga a todos los estados a adoptar y aplicar leyes eficaces con ese fin, así como también otras medidas eficaces para prevenir la proliferación de estas armas y sus sistemas vectores a agentes no estatales, en particular con fines terroristas. Nuestro país ha formado parte del Comité 1540, encargado de la verificación de esta resolución a nivel de la ONU y se puede ver un informe completo sobre las medidas que se aplican en nuestra legislación para su cumplimiento en el Informe en cumplimiento de la Resolución 1540 (2004) producido por el Instituto de Relaciones Internacionales del Ministerio de Relaciones Exteriores¹⁰⁹.

Además de los regímenes ya mencionados, la República Argentina es miembro del *Grupo Australia*, otro de los llamados mecanismos informales de control de armamentos y no proliferación,

106 [https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/Res/2826\(XVII\)&Lang=S](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/Res/2826(XVII)&Lang=S)

107 [https://www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/7BE6CBBEA0477B52C12571860035FD5C?OpenDocument](https://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/7BE6CBBEA0477B52C12571860035FD5C?OpenDocument)

108 [https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1540\(2004\)&referer=/english/&Lang=S](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1540(2004)&referer=/english/&Lang=S)

109 http://www.iri.edu.ar/publicaciones_iri/anuario/CD%20Anuario%202005/Seguridad/68-arg-informe%20res%201504%20cs.pdf

relacionado a las AB, y también a las AQ¹¹⁰. En base a la difusión mundial de tecnologías que han sido etiquetadas como de “doble uso”, (equipos que tiene aplicaciones civiles y militares), este Grupo ha establecido, para los 42 países que son miembros, mecanismos para que armonicen sus controles de exportaciones e intenta regular el flujo de esas tecnologías de doble uso, negando el acceso a potenciales estados o entes subnacionales considerados proliferantes. El Grupo de Australia mantiene una lista de equipos biológicos de doble uso cuya exportación debe ser controlada¹¹¹. Nuestro país es el único miembro de la región. La implementación de estos mecanismos está a cargo de la Comisión Nacional de Control de Exportaciones Sensitivas y Material Bélico, creada por el decreto 603/92¹¹², más conocida como la Comisión 603.

Conclusiones

Los agentes biológicos que podrían ser usados para producir AB no son difíciles de obtener, ya sea por actores estatales o no y esto hace que hoy, pese a los sistemas implementados para su prohibición y control, presenten un riesgo real que no debería ser subestimado.

Aunque la probabilidad de su empleo en conflictos entre estados es baja, no es nula. Cualquier estado que vea amenazada seriamente su integridad por parte de otro actor estatal, y que disponga de medios de investigación y desarrollo en cualquiera de los campos relacionados a la biología, la medicina, la veterinaria, la industria farmacéutica o incluso la química, medianamente desarrollados y profesionales capacitados en su operación, podrá verse tentado a recurrir a este tipo de armas, cuando el riesgo de ser destruidos sea mayor que la condena moral por parte del resto de las naciones.

Como la historia nos enseña, la facilidad relativa de obtención de agentes biológicos los hace interesantes para que durante la ejecución de operaciones no convencionales, tropas irregulares o agentes no estatales los empleen para ejecutar campañas de sabotaje, terrorismo o asesinatos.

El hecho de que un puñado de sobres que se creía contenían esporas de ántrax en 2001¹¹³ fue suficiente para causar gran alarma en nuestro país, lo que causó el análisis de más de 250 cartas y paquetes por día en el Hospital Muñiz y el Instituto Malbrán, durante varios meses, proporcionó una clara demostración del poder de la sola amenaza de las armas biológicas.

En una era de guerras asimétricas, las armas biológicas son perfectamente adecuadas debido a sus costos relativamente bajos de producción combinados con su potencial de amplificación a través de la comunicación, lo que causa un efecto desproporcionado en las poblaciones objetivo.

Los posibles escenarios en un horizonte no muy lejano son más difíciles de discernir simplemente porque el ritmo actual del avance en todos los campos vinculados sugiere que es probable que se desarrollen nuevas tecnologías en los próximos años que cambiarán el panorama ofensivo y defensivo de la guerra biológica.

Incluso sin imaginar nuevos agentes, como los que podrían ser generados por la biología sintética, la tecnología ya existe para mejorar significativamente la letalidad de las armas biológicas, y como vimos, algunos países han trabajado intensamente en ello. Cabe destacar que las modificaciones para aumentar la letalidad son sólo un resultado posible para la ingeniería de armas biológicas, ya que también podrían diseñarse para incapacitar en lugar de matar.

110 <https://australiagroup.net/en/>

111 <https://australiagroup.net/es/listas.html>

112 <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/10000-14999/12381/norma.htm> y <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-603-1992-12381/normas-modifican>

113 https://www.clarin.com/ediciones-antiores/ataque-antrax-llego-pais-traves-carta_0_HyHxpUIAKI.html
<https://www.lanacion.com.ar/opinion/historia-secreta-del-antrax-argentino-nid222778/>

Dado el enorme universo de las amenazas microbianas, el poder de la biología moderna para mejorar la virulencia microbiana y la alta probabilidad de que las armas biológicas sigan amenazando a la humanidad, la pregunta que surge es qué debe hacerse para mejorar la protección de nuestras tropas.

Cualquiera sea la intención de un estado respecto del uso de estas armas, es conveniente capacitar al personal de sus fuerzas armadas y de seguridad, en particular a los primeros respondedores en casos de probable empleo contra la sociedad no combatiente, para poder identificar el agente que podría estar siendo usado, y actuar en consecuencia.

La doctrina militar de algunos países para atenuar los efectos de estas armas, particularmente las químicas y las biológicas, establece cuatro etapas para proteger las fuerzas que operen en un área definida, basadas en el concepto de evitar la exposición al agente o agentes tóxicos: observación, configuración, protección y sostén.

La observación de AQ o AB en área de interés se logra mediante la vigilancia, la detección, la identificación, el monitoreo y el reconocimiento. La configuración incluye el conocimiento de la situación sobre el espacio de batalla y la gestión, evaluación y registro de amenazas. La protección del personal incluye el pretratamiento médico, la provisión y entrenamiento en el uso del equipo de protección personal y el equipo de protección colectiva. El sostén de las fuerzas después de ataques químicos o de ADM incluye el tratamiento médico y la descontaminación.

Estas tendencias hacen que las actividades de no proliferación y contraproliferación sean aún más críticas como una herramienta más de la preparación para la defensa.

Cualquiera sea el futuro de los conflictos, parafraseando a Tucídides, no se puede confiar en la esperanza, que proporciona consuelo en el peligro, mejor es estar preparado para enfrentarlo.

Glosario

Abreviatura	Original	Significado
1ra GM		Primera Guerra Mundial
2da GM		Segunda Guerra Mundial
AB		Armas Biológicas
ADM		Armas de Destrucción Masiva
ADN		Ácido desoxirribonucleico
AQ		Armas Químicas
ARN		Ácido ribonucleico
CABT		Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción y el Almacenamiento de Armas Bacteriológicas (Biológicas) y Tóxicas y sobre su Destrucción
CAMR	Centre for Applied Microbiology & Research	Centro para Microbiología Aplicada e Investigación
CAQ		Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, Producción, Almacenaje y Uso de Armas Químicas y sobre su destrucción
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los EEUU
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats	Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interspaciadas
CWS	Chemical Warfare Service	Servicio de Guerra Química
MMDA	(RS)-1-(1,3-metilenodioxifen-5-il)-N-metilpropan-2-amina	3,4-Metilenodioximetanfetamina Éxtasis
NIH	National Institute of Health	Instituto Nacional de Salud
OMS		Organización Mundial de la Salud
RDL	Roodeplaat Research Laboratories	
RKKA	Raboche-krestíánskaya Krásnaya ármiya	
UE		Unión Europea
UNMOVIC	United Nations Monitoring, Verification, and Inspection Commission	Comisión de Monitoreo, Verificación e Inspección de las Naciones Unidas
UNSCOM	United Nations Special Commission	Comisión Especial de las Naciones Unidas
URRS		Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
USBWL	United States Biological Weapons Laboratory	Laboratorio de AB de Estados Unidos
VEEV		Virus de la encefalitis equina venezolana
VOKhMU	Voénno-khímicheskoe upravlenie	Directorado de Química Militar
WRS	War Research Service	Servicio de Investigación de Guerra

Anexo

Algunas toxinas posibles de usar como AB y fuentes de obtención

Fuente		Toxinas
Bacterias	Bacillus anthracis	Toxina del ántrax
	Clostridium botulinum	Botulínicas (A, B, C, D ,E)
	Cornyebacterium diphteria	Diftérica
	Escherichia coli	Enterotoxinas LT y ST
	Shigella dysenteriae	Disentérica
	Staphylococcus aureus	Enterotoxinas estafilocócicas A, B, C, D, E
	Vibrio cholerae	Toxina del cólera
Dinoflagelados	Alexandrium tamarense, Alexandrium catenella y otros	Saxitoxina
Algas	Anabaena flos aquae	Anatoxina A (VFDF)
	Microcystis aeruginosa	Microcistina (FDF)
Hongos	Aspergillus flavus	Aflatoxina
	Género fusarium	Tricotecenos
Plantas	Abrus precatorius (Regaliz americano)	Abrina
	Ricinus communis (Ricino o castor)	Ricina
	Nerium oleander L (Laurel de jardín)	Oleandrina y Conesina
	Rhododendron ponticum (Rododendro común)	Grayanotoxin
Animales	Phyllobates terribilis (rana dorada venenosa)	Batracotoxina

Anexo

Comparación del criterio de categorías de agentes biológicos basado en la bioseguridad (*biosafety*)

De acuerdo con la OMS, **Bioseguridad** puede referirse al término del inglés “biosafety” que es el término utilizado para describir los principios, tecnologías y prácticas de contención que se implementan para prevenir la exposición no intencional a patógenos y toxinas, o su liberación accidental. O también puede referirse al término del inglés “*biosecurity*”, que se refiere a las medidas de seguridad institucionales y personales destinadas a prevenir la pérdida, el robo, el uso indebido, el desvío o la liberación intencional de patógenos y toxinas.

Grupo	OMS ¹¹⁴	NIH ¹¹⁵	UE ¹¹⁶	China ¹¹⁷
1	Un microorganismo que es poco probable que cause enfermedades a humanos o animales.	Agentes que no están asociados con enfermedades en humanos adultos sanos.	Uno que es poco probable que cause enfermedades humanas.	En circunstancias normales, no causa enfermedades humanas o animales.
2	Un patógeno que puede causar enfermedades humanas o animales, pero es poco probable que sea un peligro grave para los trabajadores de laboratorio, la comunidad, el ganado o el medio ambiente. La exposición en laboratorio puede causar infecciones graves, pero se dispone de tratamientos eficaces y medidas preventivas y el riesgo de propagación de la infección es limitado.	Agentes que se encuentran con enfermedades humanas que rara vez son graves y para los que a menudo se dispone de intervenciones preventivas o terapéuticas.	Uno que puede causar enfermedades humanas y podría ser un peligro para los trabajadores; es poco probable que se propague a la comunidad; generalmente hay profilaxis o tratamiento efectivo disponible.	Puede causar enfermedades humanas o animales, pero en circunstancias normales, no representa un peligro grave para las personas, los animales o el medio ambiente, el riesgo de transmisión es limitado, la infección de laboratorio rara vez causa enfermedades graves con un tratamiento y prevención eficaces.
3	Un patógeno que generalmente causa enfermedades graves humanas o animales pero que normalmente no se propaga de un individuo infectado a otro. Se dispone de tratamiento eficaz y medidas preventivas.	Agentes que están asociados con enfermedades humanas graves o letales para los que pueden estar disponibles intervenciones preventivas o terapéuticas (alto riesgo individual, pero bajo riesgo comunitario).	Uno que puede causar enfermedades humanas graves y presentar un grave peligro para los trabajadores; puede presentar un riesgo de propagación a la comunidad, pero por lo general hay una profilaxis o tratamiento eficaz disponible.	Puede causar enfermedades graves humanas o animales. Es relativamente fácil de propagar entre personas, animales y personas, entre animales, directa o indirectamente.
4	Un patógeno que suele causar enfermedades graves humanas o animales y que puede transmitirse fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Por lo general, no se dispone de tratamientos eficaces y medidas preventivas.	Agentes que pueden causar enfermedades humanas graves o letales para las que no suelen estar disponibles intervenciones preventivas o terapéuticas (alto riesgo individual y alto riesgo comunitario).	Uno que causa enfermedades humanas graves y es un grave peligro para los trabajadores; puede presentar un alto riesgo de propagación a la comunidad; por lo general no hay profilaxis o tratamiento efectivo disponible.	Puede causar enfermedades muy graves en humanos y animales, incluidos los agentes biológicos no se ha encontrado en China.

114 Organización Mundial de la Salud. Laboratory biosafety manual (tercera edición, 2004) <http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf>.

115 NIH Guidelines for Research Involving Recombinant or Synthetic Nucleic Acid Molecules (NIH Guidelines). Abril de 2019 https://osp.od.nih.gov/wp-content/uploads/2019_NIH_Guidelines.htm#_Toc3457033.

116 Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000. Disponible en: <http://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-biological-agents/77>.

117 Pathogenic microbiology laboratory bio-safety regulations (2004) https://www.files.ethz.ch/isn/116358/2007-08-beijing_on_biohazards.pdf

Anexo

Comparación de la lista de categorías de biodefensa y bioseguridad de algunas bacterias (*Rickettsia*, *Chlamydia*)

Para la evaluación de la bioseguridad de laboratorio, la consideración principal es la capacidad de los agentes biológicos para causar enfermedades y el riesgo de exposición en accidentes de laboratorio. Para la evaluación de la biodefensa, la consideración principal es el potencial de los agentes biológicos de ser usados en armas, por el terrorismo y el daño asociado con la liberación deliberada.

Las listas de categorías de agentes biológicos también tienen otros propósitos, como la lista de agentes selectos y toxinas de los Estados Unidos¹¹⁸ y la lista de patógenos y toxinas humanas y animales del grupo Australia para el control de las exportaciones¹¹⁹. Sin embargo, su uso principal es que la bioseguridad evite que los bioterroristas obtengan o abusen de agentes biológicos.

Agentes	Categoría de bioseguridad			Categoría de biodefensa		
	NIH	UE	China	CDC	UE	Rusia
Bacillus anthracis	2	3	2	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Yersinia pestis	3	3	2	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Francisella tularensis	3	3	2	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Clostridium botulinum ^a	2	2	3	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Burkholderia mallei	3	3	2	Categoría B	Muy alta amenaza	Grupo 1
Burkholderia pseudomallei	3	3		Categoría B	Alta amenaza	
Rickettsia prowazekii	3	3	2	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 1
Rickettsia rickettsii	3	3	2		Alta amenaza	
Coxiella burnetii	3	3	2	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 1
Brucella species	3	3	2	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 2
Staphylococcus aureus	2	2	3	Categoría B		Grupo 3
Clostridium perfringens		2	3	Categoría B		
Vibrio cholerae	2	2	2	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 2
Salmonella species	2	3(2)	3	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 3
Shigella species	2	3(2)	3	Categoría B	Alta amenaza	Grupo 3
Escherichia coli O157:H7	2	3	3	Categoría B	Alta amenaza	
Chlamydia psittaci	2	3(2)	3	Categoría B	Alta amenaza	
Corynebacterium diphtheriae	2	2	3		Alta amenaza	Grupo 2
Legionella pneumophila	2	2	3		Alta amenaza	
Mycobacterium tuberculosis	3	3	2		Alta amenaza	

NOTAS: En caso de varias clasificaciones para distintas variedades de una misma especie, se ha colocado la más alta.

^a Categorización de bioseguridad: Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus y Clostridium perfringens están listados como toxina de Clostridium botulinum, Staphylococcal enterotoxina B, y toxina epsilon del Clostridium perfringens.

118 <https://www.selectagents.gov/SelectAgentsandToxinsList.html>

119 https://www.dfat.gov.au/publications/minisite/theaustraliagroupnet/site/en/human_animal_pathogens.html

Comparación de la lista de categorías de biodefensa y bioseguridad de algunos virus

Agentes	Categoría de bioseguridad			Categoría de biodefensa		
	NIH	UE	China	CDC	UE	Rusia
Variola virus		4	1	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Ébola virus	4	4	1	Categoría A	Muy alta amenaza	
Marburg virus	4	4	1	Categoría A	Muy alta amenaza	Grupo 1
Lassa virus	4	4	1	Categoría A	Muy alta amenaza	
Machupo virus	4	4	1	Categoría A	Muy alta amenaza	
Virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo	4	4	1		Muy alta amenaza	
Virus Guanarito	4	4	1		Muy alta amenaza	
Virus Junín	4	4	1		Muy alta amenaza	
Virus de la fiebre hemorrágica de Omsk	4	3	1		Muy alta amenaza	
Sabia virus	4	4	1		Muy alta amenaza	
Virus de la encefalitis equina venezolana	3	3	1	Categoría B	Alta amenaza	
Virus de la encefalitis del este	2	3	1	Categoría B	Alta amenaza	
Virus de la encefalitis del oeste	2	3	1	Categoría B	Alta amenaza	
Influenzavirus	3	2	2		Alta amenaza	Grupo 1
Virus de la encefalitis japonesa	3	3	2		Alta amenaza	Grupo 2
Virus de la Fiebre Amarilla	3	3	1		Alta amenaza	Grupo 2
Virus de la fiebre del valle del Rift	3	3	2		Alta amenaza	
Virus de la viruela del mono	3	3	1		Alta amenaza	
Virus de la enfermedad de la selva de Kyasanur	4	3	1		Alta amenaza	
Virus de la encefalitis de San Luis	3	3	1		Alta amenaza	
virus del Nilo Occidental	3	3	2		Alta amenaza	
Nipah virus			1	Categoría C	Alta amenaza	
SARS- coronavirus asociado (SARS-CoV)	3		2			
Hantavirus	3	3	2	Categoría C	Alta amenaza	
Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH)	3	3	2			Grupo 3
Rabia	2	3	2			Grupo 3
Dengue virus	2	3	3			

NOTAS: En caso de varias clasificaciones para distintas variedades de una misma especie, se ha colocado la más alta.

