



Cuadernos de Estrategia 217
La amenaza biológica

Instituto
Español
de Estudios
Estratégicos

ieeee.es
Instituto Español de Estudios Estratégicos



MINISTERIO DE DEFENSA





Cuadernos de Estrategia 217

La amenaza biológica

Instituto
Español
de Estudios
Estratégicos

ieeee.es
Instituto Español de Estudios Estratégicos



MINISTERIO DE DEFENSA



Catálogo de Publicaciones de Defensa
<https://publicaciones.defensa.gob.es>



Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado
<https://cpage.mpr.gob.es>

publicaciones.defensa.gob.es
cpage.mpr.gob.es

Edita:



Paseo de la Castellana 109, 28046 Madrid

© Autores y editor, 2022

NIPO 083-22-316-1 (impresión bajo demanda)

NIPO 083-22-315-6 (edición en línea)

ISBN 978-84-9091-736-7 (impresión bajo demanda) Cuadernos de Estrategia, ISSN 2952-3443 (edición en línea)
Cuadernos de Estrategia, ISSN 1697-6924 (edición impresa)

Fecha de edición: enero de 2023

Maqueta e imprime: Imprenta Ministerio de Defensa

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de los autores de la misma.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del copyright ©.

En esta edición se ha utilizado papel 100% libre de cloro procedente de bosques gestionados de forma sostenible.

ÍNDICE

Página

Introducción

Joaquín Goyache Goñi

Módulo I. Historia

Capítulo primero

Historia del uso malintencionado de agentes biológicos 29

Javier Vicente Sánchez y Domingo Marquina Díaz

1. Empleo de los agentes biológicos para causar daño en la antigüedad 31
2. El descubrimiento de los microorganismos y los virus como posibles agentes etiológicos causantes de enfermedades 34
3. La Gran Guerra (1914-1918) o el comienzo sistemático del empleo de los agentes biológicos como armas de destrucción 35
4. Los agentes biológicos empleados en y entre guerras (Primera y Segunda Guerra Mundial)..... 36
5. Los agentes biológicos en la Guerra Fría hasta la actualidad 42
6. Bioterrorismo o el uso no gubernamental de los agentes biológicos con fines armamentísticos..... 50
7. El futuro de las armas biológicas..... 56
8. Bibliografía 57

Módulo II. Evaluación de la amenaza

Capítulo segundo

Características de los agentes biológicos..... 65

Javier Vicente Sánchez, Domingo Marquina Díaz y José Ignacio Castro Torres

1. Los agentes biológicos.....	67
2. Factores que determinan la peligrosidad de los agentes biológicos.....	72
3. Factores que determinan el crecimiento, la producción y la identificación de agentes biológicos como posibles armas.....	76
4. Criterios para la elección de un agente biológico como arma.....	77
4.1. Las ventajas de su empleo.....	78
4.2. Inconvenientes de su utilización.....	78
4.3. Capacidad para determinar cuáles van a ser los lugares idóneos para su utilización.....	79
4.4. Qué propiedades tiene el agente biológico.....	79
5. Bibliografía.....	83

Capítulo tercero

Los programas de guerra biológica en la era de la biotecnología..... 85

José Ignacio Castro Torres

1. Introducción.....	87
2. El paso de la zona gris a la guerra híbrida: el interés por las armas biológicas.....	88
3. Las fases de un programa de guerra biológica.....	91
3.1. La investigación, desarrollo y producción de agentes.....	93
3.2. La producción en masa de un agente biológico.....	95
3.3. La estabilización y conservación de los agentes biológicos.....	98
3.4. El diseño, prueba y fabricación de los sistemas de dispersión.....	99
3.5. La obtención del sistema de lanzamiento.....	100
3.6. La adquisición de la capacidad operativa.....	101
4. Las acusaciones entre actores estatales y los programas de guerra biológica.....	104
4.1. El teatro del este de Europa y la controversia entre Rusia y EE. UU.	104
4.2. China: entre la COVID-19 y la lucha por el dominio biológico..	107
4.3. La posición norcoreana y la pugna por su supervivencia.....	111
5. Conclusiones: sin poder demostrarlo ni negarlo.....	112
6. Bibliografía.....	115

Capítulo cuarto

El bioterrorismo y los actores no estatales 119

José Ignacio Castro Torres

1. Introducción.....	121
2. Los motivos del terrorismo biológico	122
3. Los requerimientos de un acto bioterrorista planificado.....	124
4. La evolución del bioterrorismo tras la COVID-19	128
5. Conclusiones	133
6. Bibliografía	136

Capítulo quinto

Del empleo estratégico de las armas biológicas al agroterrorismo: preparación y respuesta 139

Alberto Cique Moya y Pedro Luis Lorenzo González

1. Introducción.....	141
2. Amenaza agroterrorista.....	148
3. El virus de la fiebre aftosa (VFA) como paradigma de agente agroterrorista.....	151
3.1. Consecuencias de un brote de fiebre aftosa.....	155
3.2. Medidas de control frente al agroterrorismo	158
4. Conclusiones	159

Capítulo sexto

Inteligencia y medidas de preparación y respuesta ante el empleo intencionado de agentes biológicos..... 163

María del Carmen Aríñez Fernández

1. Introducción.....	165
2. Inteligencia y empleo intencionado de agentes biológicos.....	168
3. Medidas de preparación y respuesta.....	174
3.1. Medidas preventivas o disuasorias	174
3.2. Medidas de preparación.....	176
3.3. Medidas reactivas.....	180
3.3.1. Medidas generales.....	180
3.3.2. Medidas sanitarias.....	180
3.4. Comunicación	181
4. Conclusiones	182
5. Bibliografía	183

Modulo III. Tecnologías

Capítulo séptimo

Tendencias tecnológicas 189

Javier Vicente Sánchez, Domingo Marquina Díaz y Pedro Lorenzo González

1. Introducción	191
2. Bioinformática.....	194
3. Bioprospección	201
4. Herramientas de edición génetica.....	205
5. Biología sintética	211
6. Bioseguridad y ciencia colaborativa	218
7. Bibliografía.....	221

Capítulo octavo

Bioética y deontología..... 225

Pedro Luis Lorenzo González

1. Introducción.....	227
2. Conceptos	228
3. Bioética y bioética global.....	230
4. Uso dual de la investigación	236
5. Formación en ética	241
6. Integridad científica	245
7. Comités éticos.....	246
8. Bibliografía	249

Capítulo noveno

Nuevas amenazas silenciosas 253

Luis Enrique Martín Otero

1. Nuevas amenazas silenciosas.....	255
1.1. Armas sónicas.....	256
1.2. Armas psicotrónicas.....	259
1.2.1. Generador psicotrónico	261
1.2.2. Generador autónomo	261
1.2.3. Generador del sistema nervioso	261
1.2.4. Aparato que produce emanaciones de ultrasonidos	261
1.2.5. Las casetes silenciosas.....	261
1.2.6. El efecto del cuadro 25	262
1.2.7. Psicotrópicas.....	262
2. Armas ambientales.....	263
3. Armas genéticas	266
4. Armas étnicas o etnobombas	270
5. Armas entomológicas	272

	Página
6. Armas robóticas.....	274
7. Conclusiones.....	276
8. Bibliografía.....	276

Modulo IV. Medidas institucionales

Capítulo décimo

Seguridad nacional frente a la amenaza/riesgo biológico 281

Ricardo Valverde Ogallar

1. Introducción.....	283
2. Seguridad nacional, amenaza biológica. Evolución de conceptos	284
3. Estrategias de seguridad nacional ante riesgos/amenazas biológicas.....	292
4. ESN 2021 ante riesgos/amenazas biológicas.....	298
5. Estructuras y medios en España.....	304
5.1. Medios operativos.....	304
5.2. Órganos y organismos del SSN o con especial relación con el mismo.....	305
5.3. Ministerio de Sanidad.....	307
5.4. Mecanismos internacionales.....	307
6. Nota final	309
7. Bibliografía.....	309

Capítulo undécimo

La arquitectura de seguridad internacional frente a la amenaza biológica: la necesidad de avanzar..... 315

María del Mar Hidalgo García

1. Introducción.....	317
2. La arquitectura internacional de seguridad frente a la amenaza biológica.....	317
2.1. Los atentados de 2001: una vuelta de tuerca a la amenaza biológica.....	320
2.1.1. La Alianza mundial «Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction (GPWMD)».....	320
2.1.2. La UE.....	321
2.1.3. ONU	324
2.1.4. Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA).....	327
2.1.5. La OSCE.....	327
2.1.6. OTAN.....	328
2.1.7. La Organización Mundial de la Salud (OMS)	329
3. La CABT: la necesidad de avanzar	331
3.1. Falta de un protocolo de verificación.....	332
3.2. La cooperación internacional: artículo X.....	334

	Página
3.3. Seguimiento de la ciencia y tecnología más efectivo.....	335
3.4. Acusaciones de incumplimiento y asistencia al Estado parte afectado. Aplicación del artículo VI y VII.....	335
3.5. La CABT del futuro.....	336
4. La CAQ: lecciones aprendidas aplicables a la CABT.....	338
5. Conclusiones.....	341
6. Bibliografía.....	342

Modulo V. Estrategia y respuesta

Capítulo duodécimo

Hacia una estrategia de biodefensa	345
---	-----

Alberto Cique Moya

1. Introducción.....	347
2. Riesgo bio.....	349
3. Amenaza bio.....	359
4. Gestión del peligro bio	363
5. Estrategia de biodefensa.....	369
5.1. Ejes de la estrategia de biodefensa	378
5.2. Objetivos de la estrategia de biodefensa.....	380
5.3. Integración de la estrategia de biodefensa en el marco español e internacional.....	380
5.4. Líneas maestras de la estrategia de biodefensa.....	381
6. Conclusiones	382

Capítulo decimotercero

Estrategia y respuesta <i>One Health</i> (una salud)	383
---	-----

Luis Enrique Martín Otero

1. Una salud	385
2. Zoonosis	387
3. Globalización.....	390
3.1. Causas y consecuencias de la globalización	391
4. Cambio climático y medio ambiente.....	392
5. Enfermedades emergentes y reemergentes.....	397
6. Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB)	398
6.1. Gestión de riesgo y amenaza bio	399
6.2. Preparación y respuesta frente a la amenaza biológica del ántrax	400
6.3. El grupo de trabajo de la RELAB.....	401
6.4. El sistema de gestión	402
6.5. El proyecto RE-LAB.....	403
7. Conclusiones	405

	Página
8. Bibliografía	405
Capítulo decimocuarto	
Desinformación y estrategias de comunicación frente a las amenazas biológicas.....	407
<i>Alejandro González Fernández y Jesús Díez Alcalde</i>	
1. Introducción.....	409
2. El desafío de la desinformación	411
3. Conocimiento y comunicación como herramienta en la lucha contra la desinformación.....	418
3.1. Claves para una estrategia de comunicación	420
4. Desinformación y estrategias de comunicación en el marco de la invasión rusa a Ucrania.....	422
5. A modo de conclusión: prevenir la desinformación	424
6. Bibliografía	426
Composición del Grupo de Trabajo	427
Cuadernos de Estrategia	429

Introducción

Joaquín Goyache Goñi

En el mundo globalizado que caracteriza al siglo XXI, se han puesto de manifiesto los riesgos y amenazas a la seguridad biológica derivados de una nueva situación caracterizada por el intercambio a nivel mundial de personas, productos, conocimientos y tecnologías.

El actor principal hasta ahora, caracterizado por el Estado, ha tenido que compartir espacio con otros que eran menos relevantes, pero que han adquirido una importancia significativa. De este modo se observa cómo se han posicionado con fuerza las organizaciones, grupos e individuos, que han demostrado en ocasiones unas capacidades que en otros tiempos no hubieran podido ser ni siquiera imaginadas.

En este nuevo entorno, la humanidad ha sufrido recientemente una pandemia a escala global, de cuyas consecuencias todavía no se ha repuesto. Igualmente, en diversas ocasiones se ha producido la transmisión de enfermedades de todo tipo a los humanos, los animales y las plantas, ocasionando graves daños que han repercutido globalmente en los sistemas de salud, las economías o el medio ambiente.

Si se tiene en cuenta que lo anteriormente mencionado se ha producido, en la mayoría de los casos, por motivos naturales, o a lo sumo por causas no intencionadas, podríamos preguntarnos qué es lo que podría ocurrir si nos enfrentásemos a una crisis biológica en la que existiese la intención deliberada de producir un daño.

En este sentido, en el inicio del siglo XXI, concretamente entre los meses de septiembre y octubre del año 2001, se produjo la llamada «crisis del ántrax» en los EE. UU. En dicha ocasión el envío de esporas de *Bacillus anthracis* a través de cartas, utilizando el sistema de envío postal, ocasionó la infección de 22 personas y la muerte de 5 de ellas. Más allá del daño sobre dichas personas, la contaminación producida paralizó varios servicios públicos y obligó a realizar labores de descontaminación de determinadas instalaciones, ocasionando cuantiosas pérdidas económicas. Al igual que en otros muchos países, en España tuvieron que ponerse en marcha mecanismos de alerta, diagnóstico y respuesta.

Desde ese principio de este siglo, crítico desde el punto de vista biológico, hasta el día de hoy, se han producido una serie de acontecimientos que se han desarrollado a medida que evolucionaba el nuevo orden mundial. Comenzando por la posibilidad del empleo de agentes biológicos por parte de grupos terroristas, se ha llegado, de nuevo, a contemplar escenarios en la que actores estatales pudieran desarrollar armas relacionadas con la guerra biológica. En este entorno, las campañas de desinformación pueden actuar con un cierto grado de impunidad, por lo que la falsa e interesada atribución de acciones de este tipo pueden ser utilizadas para cambiar las percepciones de las élites dirigentes o las poblaciones contra las que van dirigidas.

Para poder comprender el panorama que se dibuja y complementar la participación de los proliferantes actores potenciales y sus posibilidades de actuación en lo que constituyen riesgos y amenazas, se hace necesario hablar de vulnerabilidades. En un sistema sanitario robusto como el de nuestro entorno, parece que las posibilidades de que ocurran sucesos relacionados con la intención deliberada de causar un daño biológico son escasas. No obstante, ningún sistema es invulnerable y, en el caso de una evolución de la amenaza, se impone una evolución en paralelo que la reduzca.

La vulnerabilidad no debe contemplarse en el plano exclusivo de la salud humana, sino que hay que tener en cuenta la anterior-

mente referida necesidad de integrar como un todo a las personas con los animales y plantas dentro de un entorno y en un ecosistema que sea lo suficientemente resiliente. De ahí que el concepto *One Health* sea tan importante en este ámbito.

«El éxito solo se logra anticipándose a las circunstancias futuras y desarrollando mecanismos de respuesta que en el futuro puedan aplicarse para evitar desviarnos del camino». Como les sucede a los habitantes del país de la Reina Roja de Lewis Carroll, que deben correr lo más rápido posible solo para permanecer en el punto donde se encuentran debido a que la tierra que pisan se mueve con ellos, así la sociedad en la que vivimos debe mantener el movimiento, haciendo que el desarrollo tecnológico nos permita, si no evolucionar a una posición más favorable, sí mantenernos en la posición actual.

Es en este sentido en donde podemos afirmar que el desarrollo tecnológico ha evolucionado de la misma forma, manteniendo un movimiento constante e incesante que ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas que han sido consecuencia del crecimiento exponencial, si no de la humanidad, sí de la especie humana. Podemos decir que los avances tecnológicos que han permitido el progreso que hemos conseguido hoy en día son buenos per se, no obstante, a pesar de su esencia benévola pueden ser potencialmente peligrosos. La aplicación de cualquier desarrollo tecnológico con un mal fin es un hecho posible, la tecnología en las manos inadecuadas puede convertirse en la peor de las armas, pudiendo producir el mayor retroceso que jamás haya tenido lugar en la historia de la humanidad. Este hecho recibió originalmente el nombre de «tecnología de doble uso», pero con el tiempo ha añadido la coletilla «que pueda ser motivo de preocupación». Avances tan recientes, algunos galardonados con el Premio Nobel como los sistemas de edición génica basados en la tecnología CRISPR o el desarrollo de terapias y vacunas basadas en el uso del ARN, han supuesto un increíble avance, no solo en el campo de la investigación básica, sino, también, en el campo de la investigación aplicada, como el desarrollo de fármacos frente a pandemias.

La estrecha relación que existe entre el desarrollo tecnológico y el defensivo es un hecho histórico constatado, caracterizado en esencia por su naturaleza bidireccional. El desarrollo y la evolución de la tecnología ha propiciado diferentes avances en táctica, logística y armamento, pero, también, en las necesidades defensivas (u ofensiva en algunos casos, desgraciadamente), que han

permitido, condicionado y obligado, el desarrollo de las tecnologías que actualmente, en el mundo que habitamos, son esenciales para nuestro día a día.

El siglo XX fue un punto de inflexión en la historia de la ciencia y la tecnología. Durante ese siglo se creó el concepto de investigación y desarrollo (I+D), que actualmente ha evolucionado de una forma reiterativa hacia la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i). Así pues, podemos plantearnos la siguiente cuestión: ¿qué es el desarrollo si no la innovación en estado puro? Pues bien, el desarrollo en tecnología, y especialmente la investigación en tecnología biológica, ha permitido avances innegables en la calidad de vida de las personas, en la salud, la agricultura y la ganadería, la industria y la protección, tanto individual como colectiva, frente a diversos agentes biológicos.

Pongamos uno de los ejemplos que en la actualidad es de sobra conocido por toda la sociedad, la pandemia del SARS-CoV-2. Los diferentes avances tecnológicos han permitido controlar y responder de una manera rápida y eficaz a esta terrible epidemia comparable a la de la gripe de 1918 o la peste de la Edad Media. Los diferentes campos de la ciencia que se han visto implicados en el desarrollo de respuestas y tratamientos durante esta pandemia son aquellas áreas de la ciencia que mayor desarrollo tecnológico han experimentado a lo largo de los últimos siglos.

En el siglo XXI vivimos en un mundo tecnológico. Si rápidamente pensamos en porqué decimos que nuestro mundo actual es tecnológico, innegablemente aparece el campo de la informática. Bien, pues de la misma forma que el desarrollo informático ha tenido un gran impacto en la sociedad actual, también lo ha tenido sobre todas las ciencias, y más concretamente en las ciencias de la vida. En este caso en concreto el impacto ha sido tan importante que ha obligado a crear una nueva disciplina, la bioinformática, que permite el análisis, almacenamiento y difusión de grandes volúmenes de datos de origen biológico (análisis de metadatos). Junto con el progreso de la bioinformática se han desarrollado e implementado las tecnologías basadas en la secuenciación del ADN. No se puede afirmar cual ha jugado el papel de motor y cual el director en la pareja, ya que el avance y la sincronización entre ambas disciplinas ha ido siempre en paralelo.

El avance de las plataformas de secuenciación de ácidos nucleicos persigue un único objetivo, obtener datos certeros de la secuencia de estos, cada vez con menor material de partida,

procesamiento y coste. Si volvemos al ejemplo anterior, gracias al desarrollo de estas dos herramientas puestas al servicio de la investigación, hemos conseguido, en cuestión de muy pocos meses, no solo determinar el agente causante de la enfermedad respiratoria grave, posteriormente denominada COVID-19, sino también hacer un análisis sobre la trayectoria evolutiva del mismo, su control y vigilancia de las nuevas cepas o variantes, así como el diseño y producción de vacunas, y el desarrollo de herramientas diagnósticas y de tratamientos efectivos.

El despliegue de técnicas diagnósticas y de tratamientos, a pesar de poseer toda la información génica relativa al virus causante de la enfermedad, jamás habría sido posible sin el empleo de las herramientas de edición génica. Las herramientas de edición génica comenzaron a desarrollarse a mediados del siglo XX, siempre imitando, y aprovechando, la maquinaria y estrategias disponibles en la naturaleza. El desarrollo de la edición génica siempre se ha basado en la mejora y adecuación a las condiciones de aplicación de diferentes procesos que ocurren en diversos organismos presentes en la naturaleza. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) no es otra cosa sino la adecuación a las condiciones disponibles en el laboratorio del proceso de síntesis de ADN de una bacteria que habita en las lagunas termales del Parque Nacional de Yellowstone (EE. UU.). Las herramientas de corte del ADN se basan en mecanismos de reparación del mismo que suceden de forma habitual en la naturaleza. Por ejemplo, las herramientas de edición génica mediante el sistema CRISPR se basan en el funcionamiento del sistema de defensa de las bacterias frente a bacteriófagos que las infectan. Así, el desarrollo de este campo de las ciencias de la vida se nutre, y nutrirá, de la observación de los procesos naturales que ocurren en los (micro) organismos y en la adecuación de estos por la ciencia.

La biología sintética es el fruto de todo el desarrollo tecnológico anterior y el conocimiento obtenido hasta este momento. Se basa en la síntesis de microorganismos *ex nov* u organismos quimera aprovechando toda la información génica disponible en las bases de datos. De esta forma se pretende desarrollar organismos cuyo material genético se haya sintetizado *in vitro*, donde, posteriormente, se introduce en una carcasa funcional, o bien, crear organismos con nuevas capacidades aprovechando el potencial que otros organismos, que son más difíciles de manejar, presentan. De esta forma, por ejemplo, se han desarrollado vacunas eficaces frente a diferentes enfermedades.

Innegablemente, todos estos avances tienen una repercusión directa en la investigación básica y en el desarrollo de sus diferentes aplicaciones. El empleo de estas técnicas conlleva la aparición de varias consecuencias secundarias, entre ellas, el impacto sobre el ambiente y sobre la bioseguridad.

Si entendemos como ambiente todo aquello que rodea al ser humano, incluyendo los animales y plantas que habitan con nosotros (algunos de los cuales nos sirven como alimento), así como el entorno en el que desarrollamos nuestra vida. La salud del ambiente que nos rodea innegablemente tiene un impacto sobre la salud de las personas, y viceversa. En esta sola frase podríamos resumir el concepto, tan actual, de *Una Salud*, o *One Health* en inglés.

Entendemos, que, si interferimos sobre la seguridad, ya sea humana o del ambiente, la contraria se verá modificada y reaccionará de manera recíproca. La liberación (intencionada o accidental) de agentes biológicos modificados genéticamente que puedan afectar a la salud pública, a la sanidad animal o vegetal, o a la salud medioambiental, indudablemente tendrá su repercusión en todos los demás actores que forman parte del ciclo. Es por ello que es necesario establecer medidas preventivas que impidan la liberación accidental de estos organismos al medio, así como diseñar medidas correctoras para paliar los efectos que estos pudieran tener si ese caso se llegase a producir. El empleo de instalaciones de contención biológica, en sus diferentes niveles (sobre todo las de nivel III y IV), son fundamentales para lograr este objetivo, tanto a nivel sanitario (hospitales) como de centros de investigación.

En numerosas ocasiones el número de instalaciones de este tipo que un determinado país posee es un indicativo del riesgo de que un escape al que nos estamos refiriendo pueda ocurrir. Pero no solo indicativo del riesgo de escape (intencionado o no), si no de la capacidad que ese país tiene de desarrollar diferentes agentes biológicos que puedan emplearse con fines ofensivos, pues, tal y como comentamos anteriormente, toda tecnología puede ser como el dios romano Jano y mostrar dos usos (o caras) absolutamente contrarios.

No solo los distintos estados a través de sus instituciones académicas e investigadoras pueden desarrollar y aplicar las distintas tecnologías. También otros actores, fuera de los marcos de control gubernamentalmente establecidos, pueden emplearlas para

alcanzar sus objetivos (lícitos o ilícitos). En ocasiones el objetivo es absolutamente noble a pesar del riesgo que pueda llevar asociado, como el estudio de enfermedades causadas por agentes biológicos emergentes, su tratamiento farmacológico y su prevención. Pero en otras ocasiones, la propia intención, puede ser ilegítima, como en el caso de la manipulación de los citados agentes para su uso como armas de destrucción masiva. Grupos alternativos o incluso lobos solitarios que se planteen un ataque empleando agentes biológicos, pueden utilizar la tecnología desarrollada para su creación o transformación, y así alcanzar su fin gracias a la difusión incontrolada de manuales para la producción y manipulación de estos, ya existentes en Internet o a través de la red oscura (*dark web*). Por ello, en ocasiones, es necesario poner puertas al conocimiento.

El conocimiento, como decía Sir Francis Bacon, es poder. Está claro que nadie debe poder ostentar el dominio sobre el conocimiento, y que este debe ser democrático y de fácil acceso, pero sí se debe controlar las posibles consecuencias que ese conocimiento puede tener. La difusión del conocimiento solo puede contribuir a su crecimiento y enriquecimiento, y actualmente, gracias a los sistemas de comunicación, la velocidad a la que este se distribuye es gigantesca. La inquietud por la ciencia y por el desarrollo ha llevado a la creación de nodos o grupos de trabajo, denominados en inglés *do-it-yourself*, que se basan en la divulgación y aplicación del conocimiento científico y tácito que se requiere para la aplicación de las nuevas herramientas disponibles en las ciencias de la vida. En ocasiones, cuando se trata de información sensible, cuya aplicación por actores no formados adecuadamente, o con intenciones maliciosas, pueda conducir al desastre, esta información debe mantenerse en cuarentena hasta que se puedan desarrollar medidas preventivas para evitar el daño que su mala utilización pueda ocasionar.

Debemos ser capaces de comprender que jamás podríamos haber llegado al punto en el que nos encontramos como sociedad sin la ayuda del desarrollo tecnológico y la constante evolución de este. Es por ello que no debemos huir de la innovación, de la renovación y de la actualización constante del conocimiento, que nos permitirá seguir avanzando, pero siempre, considerando los riesgos que ello puede conllevar y estableciendo las medidas necesarias para disminuir y controlar el peligro al que, como colectividad, podríamos estar expuestos. También debemos ser conscientes que una sociedad donde el desarrollo tecnológico no

evolucione de forma paralela a uno ético, será una sociedad abocada a la autoextinción.

En este nuevo entorno hacía falta tener una iniciativa que tratase este tema como complemento holístico de otra obra ya realizada, ya que con anterioridad se había publicado el Cuaderno de estrategia del CESEDEN n.º 203 titulado *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*, que presentado el 9 de marzo de 2020 fue un verdadero anticipo de la grave crisis que se avecinaba.

En esta ocasión se trata de culminar una inquietud y poder trasladarla al público en general, y a los órganos de decisión y trabajo relacionados con el tema en particular, para crear una verdadera conciencia de bioseguridad. Esta conciencia debe permitir crear un conocimiento real de la situación, que refuerce las bases para que la sociedad perciba un problema que le afecta directamente. Mediante la anticipación se pueden diseñar soluciones que permitan que nuestro sistema de vida se vea lo menos afectado posible en el caso de producirse una crisis de estas características.

Por ello, se necesita crear una estructura aún más eficaz para la prevención y respuesta ante una crisis biológica. Ello implica una participación más coordinada de los principales actores en todos los niveles. Dado el carácter específico del caso español, ello implicaría a todas nuestras administraciones, pero, también, debería contar con la participación internacional y por parte del sector privado.

La creación de una estructura coordinada podría ser la base de la identificación de capacidades disponibles, duplicidades y carencias, así como la posible asignación de roles y responsabilidades para evitar la realización de actividades superpuestas o, lo que es peor, que no se cubriese una determinada necesidad de actuación. Otro posible campo de trabajo de esta estructura sería la identificación de futuros escenarios de crisis y la investigación de nuevas tecnologías que permitiesen una respuesta con mayores capacidades que las actuales.

La existencia de una estructura coordinada permite que sus componentes intrínsecos sean capaces de enfrentarse a una crisis mediante el establecimiento de planes de prevención y actuación de todo tipo. Dentro de ellos, la dotación de medios, el establecimiento de procedimientos, la instrucción y el adiestramiento continuos serán la clave del éxito, algo que señalará que se han

alcanzado grados de respuesta adecuados a las previsiones más exigentes.

El mantenimiento de la estructura creada sería también un importante punto de apoyo, pues es lo que proporciona continuidad en el tiempo. Para ello se necesita una actualización continua de personal, materiales y conocimientos, que permitan que la estructura se adapte progresivamente a los cambios de situación que se puedan ir derivando de los diferentes escenarios críticos que se presenten. Uno de los aspectos más relevantes puede venir dado por la facultad de adquisición de datos e información, así como por su capacidad de procesamiento e, incluso, respuesta rápida en todos los niveles. En este tipo de casos el uso de procedimientos de tratamiento de la información e inteligencia artificial serán muy importantes.

Todo ello nos lleva a pensar en la necesidad de partir de un documento base que identifique necesidades y asigne determinadas responsabilidades. Analizando la Estrategia de Seguridad Nacional (ESN) del año 2021, se aprecia que esta cuenta con la posibilidad de la existencia del riesgo biológico dentro de la posibilidad accidental de catástrofes y emergencias.

Además, la ESN identifica claramente la posibilidad del uso deliberado de agentes biológicos por parte de actores de todo tipo, incluyendo a estados, organizaciones terroristas, redes criminales e incluso individuos aislados. A todo ello habría que añadir la ya referida posibilidad de que se produzcan epidemias o pandemias por causas naturales.

También hay que tener en cuenta la interconexión que puede tener cualquier tipo de riesgo y amenaza, la importancia del componente tecnológico y la posibilidad del empleo de estrategias híbridas por parte de los diversos actores. Al estudiar en detalle todas estas interconexiones en cada uno de los ámbitos de la ESN, se comprende que de ella se hayan derivado otras de segundo nivel, con mayor o menor grado de actualización. Entre todas ellas se pueden relacionar las de seguridad marítima, seguridad aeroespacial, ciberseguridad, seguridad energética, contra crimen organizado/delinuencia grave, contra el terrorismo o protección civil.

Haciendo una comparación con el resto de los países del entorno en el que se encuentra España, existe una similitud en sus estrategias de primer y segundo nivel, relacionadas directamente con temas de seguridad nacional. Sin embargo, se observa que

muchos de estos estados cuentan con estrategias de seguridad específicas para el ámbito biológico, y que muchas de estas se encuentran en periodo de revisión, debido a la vertiginosa evolución de los acontecimientos y los avances científicos que nos sorprenden día a día.

Cabe plantearse si tras haber abandonado el periodo más crítico de la pandemia, el incremento de la conflictividad global y el salto científico y tecnológico ante el que nos encontramos, se necesita diseñar una estrategia biológica para España, al igual que el resto de países con un nivel de desarrollo equiparable.

Sea cual sea la resolución final de los decisores, se hace necesario dotar a estos y a sus órganos de apoyo y planeamiento, de una base documental lo suficientemente amplia, unificada y clarificadora que les permita abordar un tema de una importancia tan trascendental. Igualmente, la comunidad científica debe dotarse de una aproximación holística a un problema que trasciende más allá de los ámbitos académicos o de la investigación. Por otra parte, es necesario el respaldo social para abordar este tipo de temas, y qué mejor que contar con una información veraz.

Por todo ello, nos hemos aventurado a la realización de este Cuaderno de Estrategia, que distribuido en módulos, pretende abordar de una forma holística la amenaza biológica en la actualidad.

En el primer módulo, denominado «Historia», se aborda el uso malintencionado de agentes biológicos a través de sucesos recientes y pasados. Consta de un extenso capítulo elaborado por D. Domingo Marquina Díaz y D. Javier Vicente Sánchez, en el que se realiza un repaso de los principales acontecimientos en los que el ser humano ha empleado agentes biológicos de una forma estratégica y táctica. De forma paralela a este uso, los autores también realizan un camino por la evolución de los grandes descubrimientos que se han ido sucediendo en el campo de la microbiología y la bioquímica, y que abren nuevas posibilidades al empleo de los microorganismos y sus toxinas con fines malintencionados.

El segundo módulo lleva por título «Evaluación de la amenaza». En él se han agrupado cinco capítulos que permiten realizar una valoración del estado actual de la amenaza biológica. En el primero de ellos, realizado por el Cor. José Ignacio Castro Torres, D. Domingo Marquina Díaz y D. Javier Vicente Sánchez, se definen aquellas características que permiten considerar qué tipo de

agentes biológicos pueden ser considerados como potenciales armas, y qué factores, tanto intrínsecos como extrínsecos, resultan determinantes para su elección.

A continuación de este capítulo, el Cor. Castro aborda la amenaza actual procedente del diseño de los programas nacionales. Además de los escenarios de conflicto abierto, las nuevas condiciones de empleo de agentes biológicos abarcan la denominada zona gris y un entorno de guerra híbrida, que junto con los avances tecnológicos, añaden complejidad tanto en la prevención del uso de armas biológicas por actores estatales como en determinación de la autoría real.

Además de la amenaza de empleo de agentes biológicos por parte de agentes estatales, el Cor. Castro aborda, en otro capítulo, el problema del terrorismo de base biológica. Si bien es cierto que la probabilidad de que se produzca con éxito un acto de bioterrorismo es baja, el empleo de agentes biológicos puede resultar, como demuestra la historia, atractivo para determinadas organizaciones, grupos o individuos. Además, si se tienen en cuenta los avances en biotecnología o incidentes de biocustodia o biocontención en las instalaciones de alta seguridad, el número de posibles escenarios en los que se puede originar una amenaza biológica se amplía considerablemente.

Teniendo en cuenta que la motivación de empleo de agentes biológicos no es solo el causar un gran número de víctimas, si no, también, la posibilidad de originar graves daños económicos, el cuarto capítulo de este módulo está dedicado al agroterrorismo. En él, los autores, el Cor. Alberto Cique y D. Pedro L. Lorenzo, nos recuerdan que el riesgo biológico no solo se circunscribe a los seres humanos, sino que puede afectar a otros seres vivos, ya se trate de plantas o de animales. El empleo estratégico de agentes biológicos en sectores que son claves para la seguridad alimentaria de un país puede implicar, además de riesgos para la salud de las poblaciones, cuantiosas pérdidas económicas y el propio desprestigio de la región o país.

Una vez planteadas la amenaza biológica, el módulo se cierra con un capítulo dedicado a la inteligencia y a las medidas de preparación y respuesta ante el empleo intencionado de agentes biológicos. En él, la Cor. M.^a del Carmen Aríñez aborda la necesidad de disponer de un sistema de inteligencia afianzado con el fin de afrontar con éxito los posibles factores que modulan el contexto de seguridad ante un ataque biológico. La inteligencia proporciona un conocimiento del contexto, con frecuencia complejo, de

los actores en juego en una situación concreta, su interrelación y su impacto en la seguridad de los ciudadanos en el momento presente y en el futuro.

El módulo 3 está dedicado a los avances tecnológicos en el ámbito de las ciencias de la vida, necesarios para el progreso y el bienestar de las sociedades, pero también preocupantes por su uso dual. El primer capítulo de este módulo está realizado por D. Domingo Marquina, D. Javier Vicente y D. Pedro L. Lorenzo, quienes ofrecen un repaso de aquellos avances que pueden suponer un mayor riesgo de que sean utilizados de forma malintencionada. El estado actual de la bioinformática, de la bioprospección, de las nuevas herramientas de edición genética y de la biología sintética es analizado de una forma magníficamente equilibrada entre el rigor científico y el necesario enfoque pedagógico para facilitar una mejor comprensión para el lector no iniciado en estos temas.

Los avances tecnológicos se producen a un ritmo trepidante y es difícil establecer unos límites que permitan seguir trabajando en unas condiciones que no pongan en cuestionamiento la propia esencia del ser humano. Por este motivo, en este módulo hemos considerado conveniente incorporar un capítulo dedicado a la bioética y la deontología. D. Pedro L. Lorenzo, autor del mismo, desarrolla los conceptos éticos en el contexto de la investigación biomédica y el análisis de las peculiaridades de su posible uso dual. También analiza la necesidad de que los estudiantes y los profesionales en ciencias biomédicas se formen en bioética.

El módulo 3 se cierra con un capítulo dedicado a tecnologías silenciosas, aquellas que pueden parecer de ciencia ficción pero a las que hay que prestar atención por su posible implantación y/o evolución. El capítulo está escrito por el Cor. (ret.) Luis Enrique Martín Otero quien nos advierte del posible desarrollo de armas sónicas, armas psicotrónicas, armas ambientales, armas genéticas, etnobombas, entomológicas y robóticas.

Identificadas las amenazas biológicas y los desafíos asociados, cabe preguntarse qué herramientas existen, a nivel nacional e internacional, para el establecimiento de una arquitectura de seguridad sólida para hacerles frente. Los dos capítulos que tratan esta cuestión forman parte del módulo 4, dedicado a las medidas institucionales. La perspectiva nacional es abordada por D. Ricardo Valverde Ogallar, quien explora la relación entre la seguridad nacional y los riesgos o amenazas biológicas. Por otro

lado, el capítulo realizado por D.^a Mar Hidalgo García está enfocado al análisis de aquellas estructuras e iniciativas que conforman la arquitectura internacional de seguridad para hacer frente a la amenaza biológica, con especial atención a los desafíos futuros a los que se enfrenta la Convención para la Prohibición de Armas Biológicas y Toxínicas.

El último módulo está dedicado a las estrategias y respuesta para hacer frente a la amenaza biológica. El primer capítulo de este módulo aborda la conveniencia de elaborar una estrategia de biodefensa. Su autor, el Cor. Alberto Cique Moya, partiendo de la base de que resulta más económico la prevención que la repuesta, argumenta la necesidad de aprobar una estrategia de esta temática que emane de la Estrategia Nacional de Seguridad de 2021, y que tenga en cuenta el nivel estratégico, el operacional y el táctico, relacionándose todos ellos para una mejor preparación y respuesta.

Esta visión nacional se complementa con el enfoque holístico que proporciona el concepto de *One Health* que nos describe el Cor. (ret.) Luis Enrique Martín Otero en su capítulo. La aproximación *One Health* es la referencia a una nueva estrategia mundial que persigue y tiene como finalidad incrementar la colaboración interdisciplinar en el cuidado de la salud de las personas, los animales y el medio ambiente, y con la pretensión de elaborar e implementar programas, políticas y normas legales.

Para finalizar el módulo y también la obra, el Cor. Jesús Díaz Alcalde y D. Alejandro González Fernández realizan un exhaustivo análisis de la importancia de la desinformación y estrategias de comunicación frente a las amenazas biológicas. Hoy en día las campañas de desinformación son menos costosas, al tiempo que más difícilmente atribuibles y con un mayor alcance. Es necesario incrementar el conocimiento de los ciudadanos sobre el campo de las amenazas biológicas, así como articular estrategias de comunicación, para prevenir futuras campañas de desinformación y, en su caso, paliar sus efectos.

Esperamos que esta obra contribuya a ampliar ese conocimiento tan necesario de la sociedad española en relación con las amenazas biológicas y fomentar con ello una cultura de seguridad y defensa. La estructura coherente de este cuaderno y su redacción utilizando un lenguaje sin demasiados tecnicismos, aunque con rigor científico —avalado por los profesionales que han participado en su elaboración— seguro que facilitará la tarea al lector.

MÓDULO I

HISTORIA

Capítulo primero

Historia del uso malintencionado de agentes biológicos

*Javier Vicente Sánchez
Domingo Marquina Díaz*

Resumen

El uso malintencionado de los agentes biológicos por parte del ser humano se conoce desde la antigüedad. Los primeros textos documentados sobre estos hechos se remontan al siglo VI a.C., empleando de forma empírica, plantas, toxinas extraídas de las mismas o incluso empleando cadáveres contaminados con microorganismos altamente patógenos. Tanto en la Edad Media como en la llegada a América por los europeos se utilizaron estos agentes, conociendo claramente los efectos que podrían tener sobre la población. El descubrimiento de los microorganismos en el siglo XVII por A. van Leewenhoek y posteriormente, los grandes descubrimientos que hacen la microbiología y la bioquímica en el siglo XIX abre nuevas posibilidades al empleo de los microorganismos y las toxinas con fines bélicos. El comienzo de la Primera Guerra Mundial supuso un punto de inflexión en la investigación por parte de los países de la Triple Alianza en el desarrollo y uso de microorganismos con fines bélicos. El periodo entre guerras y la Segunda Guerra Mundial hacen que investigadores tanto japoneses como norteamericanos, ingleses y rusos desarrollen a nivel nacional sus programas de desarrollo de armas biológicas. El Protocolo de Ginebra de 1925 puso las bases sobre la no proliferación

del armamento biológico por los países beligerantes, que más tarde se vería refrendado por la Convención sobre Armas Biológicas (CAB) de 1972, que entró en vigor en 1975, refrendado actualmente por más de 160 países del mundo. El gran reto actual radica en la lucha contra el bioterrorismo por parte de las instituciones internacionales.

Palabras clave

Agente biológico, microorganismo, virus, toxina, patogenicidad, virulencia, bioterrorismo.

History of malicious use of biological agents

Abstract

The malicious use of biological agents by humans has been known since ancient times. The first documented texts on these events date from the 6th century BC, empirically using plants, toxins extracted from them or even using corpses contaminated with highly pathogenic microorganisms. Both in the Middle Ages and when Europeans arrived in America, these agents were used, clearly knowing the effects they could have on the population. The discovery of microorganisms in the 17th century by A. van Leewenhoek and later, the great discoveries made by Microbiology and Biochemistry in the 19th century, opened new possibilities for the use of microorganisms and toxins for war purposes. The beginning of the First World War was a turning point in research by the countries of the Triple Alliance in the development and use of microorganisms for war purposes. The period between the wars and the Second World War was used by Japanese, American, English and Russian researchers to carry out their Biological Weapons Development Programs at the national level. The Geneva Protocol of 1925 laid the foundations for the non-proliferation of biological weapons by belligerent countries, which would later be endorsed by the Biological Weapons Convention (CAB) in 1972, which entered into force in 1975, that is currently endorsed by more than 160 countries of the world. The current great challenge lies in the fight against bioterrorism by international institutions.

Keywords

Biological agent, microorganism, virus, toxin, pathogenicity, virulence, bioterrorism.

1. Empleo de los agentes biológicos para causar daño en la antigüedad

El uso malintencionado de agentes biológicos se conoce desde la antigüedad. La ley brahmánica, del siglo VI a.C. exigía al guerrero: «Al librar una batalla, no se matará al enemigo con armas ocultas, provistas de púas ni untadas con veneno». De la misma forma, los juristas romanos hacían público este pensamiento: «Armis bella non venenis geri» (la guerra se libra con armas y no con venenos).

No obstante, estas buenas intenciones se quedan solo en eso, y el ser humano ha venido empleando cualquier producto, organismo o veneno para causar graves daños al enemigo con el fin de exterminarle.

Existe una relación directa entre las enfermedades infecciosas y la guerra, por lo que, en muchas ocasiones, los humanos llegaron al conocimiento empírico de que el uso de animales, plantas o incluso cadáveres podían ser utilizados para ocasionar daños al enemigo. Esta lucha incluía la contaminación de pozos que suministraban agua a las ciudades, envenenamiento de las armas o incluso utilizando cadáveres como objetos arrojados frente a las murallas de las poblaciones sitiadas (Eitzen y Takafuji, 1997).

Hasta el desarrollo del método científico en el siglo XIX que dio lugar entre otras a ciencias como la microbiología, la bioquímica y la genética, los microorganismos y/o toxinas de origen biológico, solo se empleaban de forma empírica para causar daño, desconociendo el agente causal de la enfermedad que ocasionaban. Por ello, las referencias históricas que contamos sobre tales acciones están poco documentadas y en muchas ocasiones, solo se pueden tener indicios de cuales fueron los agentes empleados (Christopher, 1997).

Las primeras referencias históricas sobre el empleo de agentes biológicos con fines bélicos datan del siglo VI a.C. en el que los ejércitos asirios envenenaban los pozos de sus enemigos con cornezuelo del centeno (producido por el hongo filamentoso *Claviceps purpurea* que genera alcaloides del grupo de la ergotina), que ocasiona la enfermedad denominada ergotismo, caracterizada por alucinaciones, vasoconstricción, convulsiones e incluso gangrena en las extremidades. También en el siglo VI, durante la primera guerra sagrada entre la liga de Delfos y Cirra, el legislador griego Solón envenenó los depósitos de agua de la

ciudad de Krissa empleando col mofeta (*Symplocarpus foetidus*). Pero, uno de los hechos mejor documentados históricamente, fue el ocurrido en el año 190 a.C. cuando el general cartaginense Anibal Barca, durante la batalla de Eurimedonte, ordenó a la flota del rey Prusias I de Bitinia (antiguo reino localizado al noroeste de Asia Menor y al suroeste del mar Negro) preparar vasijas de barro llenas de serpientes venenosas y lanzarlas sobre los barcos de Eumenes II de Pérgamo, causando el caos que condujo a su derrota.

El siguiente episodio documentado de un ataque biológico en la antigüedad, aparece en el año 1155. El ejército del emperador Federico I Barbarroja, contamina los pozos de agua de la ciudad de Tortona en el Piamonte italiano arrojando sobre ella cadáveres humanos en proceso de descomposición. Pero una de las más terribles consecuencias de un ataque biológico producido en la historia antigua, sucedió en el 1346 durante el sitio de Kaffa (actual Feodosia, en Crimea), (Sotelo, 2012). El ejército tártaro atacante sufrió una epidemia de peste y, aprovechando esta situación, lanzaron con catapultas los cadáveres de sus propios compañeros sobre la ciudad, causando una epidemia y la salida de los genoveses de la misma, lo que ocasionó la expansión de la enfermedad por toda Europa y originando la mayor pandemia conocida hasta ese momento. La pandemia duró tres años y supuso la reducción de un tercio de la población del mundo conocido (murieron 30 millones de personas) (De Mussis, 1966). En el año 1710, durante las guerras ruso-suecas, los ejércitos rusos que sitiaban Tallín (actual capital de Estonia), lanzaron también cadáveres de apestados sobre la ciudad aunque con unos resultados menos graves que en el caso anterior.

Aunque no ligados a un acto intencionado, ya en los primeros atisbos de globalización se produjeron diferentes epidemias originadas por el movimiento de personas. La conquista de América dejó varios ejemplos claros. Las enfermedades infecciosas transmitidas por los occidentales en su expansión hacia América redujeron las poblaciones de muchas etnias locales, permitiendo la expansión en aquellos territorios. Si bien estas enfermedades no se emplearon inicialmente con fines bélicos, sirvieron para el desarrollo de estrategias posteriores con este fin (Newson, 1991).

En 1518, un navío portugués (La Hispaniola) atracó en el puerto de Santo Domingo con esclavos africanos dispuestos a ser vendidos en las colonias. Los esclavos estaban infectados con viruela, y al contacto con la tripulación, los dominicanos se contagiaron

y murieron. La epidemia se extendió rápidamente a Puerto Rico, Santo Domingo y las Antillas.

En 1520, la viruela pasó a México a través de la expedición capitaneada por Pánfilo Narváez, pasando a Guatemala y de ahí a todo Centroamérica. En 1526 y 1527, Bartolomé Ruíz y Francisco Pizarro exploraron las costas de Ecuador y Perú, llegando hasta el río Santa (Del Campillo, 2001). Fueron estos exploradores los que transportaron el virus de la viruela en sus ropas y enseres que compartieron con los incas ocasionando la primera gran pandemia conocida en Iberoamérica (Newson, 1991).

Entre 1530 y 1531, el sarampión se propagó por las islas del Caribe provocando la muerte de las dos terceras partes de su población. La pandemia se extendió a México y Perú, afectando sobre todo a niños, aunque no causó tantos muertos como en el caso de la viruela (García de los Ríos y Jiménez Gómez, 2007: 10)

Entre los siglos XVII y XIX se libraron en el norte de América (Estados Unidos y Canadá) las denominadas «guerras indias». En el primer periodo (época colonial 1622-1774) se libraron numerosos combates entre los antiguos pobladores y las potencias colonizadoras (Inglaterra y Francia). Entre 1763 y 1766 se produjo la llamada «rebelión de Pontiac». La guerra comenzó en mayo de 1763, cuando los indígenas abrumados ante las exigencias del general inglés Jeffrey Amhers atacaron ocho fuertes matando a cientos de colonos [7] (Cole, 1988). La respuesta del ejército inglés consistió en que un grupo de oficiales de Fort Pitt, bajo el mando del general Amhers, ofrecieron mantas infectadas con el virus de la viruela a los indios Delawere. En una carta dirigida al coronel Bouquet, el general Hamhers indica que el método empleado sirve para «eliminar a esa execrable raza». Con esta acción premeditada se da comienzo al uso de agentes biológicos con fines bélicos en la era moderna (Middleton, 2003), (d'Errico, 2010).

Durante el asedio de Mantua (1796-1797) por las tropas francesas, el general Bonaparte, tras haber asediado la ciudad, consideró que la mejor forma de presionar a ejército italiano y austriaco era anegar las llanuras mantovanas. Mantua en el siglo XVIII era una ciudad notoriamente insalubre en los meses cálidos. Las marismas y lagos cercanos eran un caldo de cultivo ideal para los mosquitos portadores de malaria, aunque nadie lo entendió en ese momento. Al anegar las llanuras, los mosquitos portadores de *Plasmodium spp* (microorganismo productor de la

malaria) que estaban presentes en toda la ciudad, causaron por su picadura numerosas bajas entre los civiles y los 30.000 soldados de la guarnición que la custodiaba (Rothenberg, 1980).

2. El descubrimiento de los microorganismos y los virus como posibles agentes etiológicos causantes de enfermedades

No fue hasta el siglo XVII en el que se desarrollaron sistemas ópticos sencillos con los que fue posible observar qué sucedía a nivel microscópico. Con la invención del microscopio simple desarrollado por Antonie van Leewenhoek en 1674 comenzó la era de la microbiología. Las observaciones de Leewenhoek permitieron determinar la existencia de seres vivos de un tamaño minúsculo capaces de moverse y reproducirse, a estos seres los denominó «animáculos» o pequeñas criaturas. Estos descubrimientos fueron publicados a través de cartas en la Royal Society of London. Leewenhoek nunca vendió ni explico cómo fabricó sus microscopios, lo que unido a que en la época los intereses científicos iban más de la mano de las matemáticas y la física, hizo que no tuvieran un gran interés (Martín, 2019).

Los descubrimientos llevados a cabo por la microbiología a finales del siglo XIX y del XX han hecho que esta época se denomine la «edad de oro de la microbiología». Durante este periodo se comprobó que los microorganismos eran los responsables de las enfermedades infecciosas, estableciendo métodos para su diagnóstico y tratamiento. Louis Pasteur (1822-1895), considerado como uno de los padres de la microbiología, entre sus innumerables descubrimientos, determinó la falsedad de la teoría de la generación espontánea, y que los procesos de putrefacción y fermentación eran producidos por microorganismos. Creó las primeras vacunas antibacterianas: cólera en gallinas, erisipela en el cerdo y algunas antivíricas como la vacuna antirábica. Junto con Robert Koch y otros científicos estableció la etiología de muchas enfermedades infecciosas. Fue Robert Koch (1843-1910) trabajando con *Bacillus anthracis* (bacteria productora del carbunco y del ántrax) quien descubrió el papel de los microorganismos como agentes causales de las infecciones y estableció sus famosos postulados, claves para establecer la relación entre un microorganismo y la enfermedad que puede ocasionar (Willey, 2009).

Junto a la microbiología, la virología es la ciencia que estudia los virus como microorganismos que carecen de organización celular. Su origen fue más tardío que el de la microbiología debido a las

dificultades técnicas que exige el estudio de los mismos, por su pequeño tamaño y por su naturaleza de parásitos estrictos intracelulares carentes de actividad metabólica propia. A finales del siglo XIX, Adolf Mayer, Dimitri Ivanovsky y Martinus W. Beijerinck descubren el primer virus vegetal. Más tarde, Friederich Loeffler y Paul Ehrlich descubren el primer virus animal. Desde entonces hasta la actualidad, con el desarrollo de las técnicas de cultivos de células animales y vegetales, ha sido posible descubrir numerosos virus, partículas subvíricas y priones, muchos de ellos patógenos para los animales, el ser humano y las plantas. A partir de los conocimientos desarrollados por estas y otras ciencias afines, como la bioquímica y la fisiología ha sido posible caracterizar numerosos agentes biológicos, determinar su potencial patogénico y desarrollar métodos para la prevención de las enfermedades que pueden causar y sus posibles tratamientos (Martín, 2019).

3. La Gran Guerra (1914-1918) o el comienzo sistemático del empleo de los agentes biológicos como armas de destrucción

Los primeros avances de la microbiología supusieron un punto de inflexión desde el punto de vista estratégico en el uso de los agentes biológicos con fines ofensivos. El conocimiento de la posibilidad de transmisión de determinadas enfermedades, bien por contacto directo persona-persona o mediante objetos, pusieron en mano de los países y de determinados grupos de presión la posibilidad de disponer de armas silenciosas, baratas y muy eficaces.

A lo largo de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), las potencias beligerantes, tanto la Triple Entente (Francia, Reino Unido y Rusia), como la Triple Alianza (Alemania, Italia y el Imperio austro-húngaro), hicieron caso omiso a las declaraciones de Bruselas y La Haya de finales del siglo XIX sobre el empleo de microorganismos con fines bélicos. Diversos informes de la inteligencia militar sugirieron que los científicos alemanes contaminaban con *Bacillus anthracis* y con *Burkholderia mallei* (agente productor de la fiebre Q o muermo) a caballos, burros y ganado en general que se iba a enviar al frente por los aliados. Anton Casimir Dilger (1884-1918) fue uno de los ejecutores materiales del «Programa biológico alemán». Médico norteamericano de ascendencia alemana, fue educado en Alemania desde su infancia, estudiando la carrera médica en Heidelberg y Múnich. En 1915 (ya iniciada la guerra), Dilger vuelve a Estados Unidos con cepas de *B. anthracis*

y de *B. mallei* y envía a los estibadores de Baltimore frascos con cultivos líquidos de Agente Q, con la consigna de impregnar las fosas nasales del ganado equino que se iba a enviar a Europa para ayudar a franceses, ingleses y rusos. John Grant fue uno de esos estibadores, encargado de revisar los animales que iban a ser embarcados hacia Europa. En una noche de noviembre de ese año, Grant clavó agujas empapadas en la suspensión bacteriana «a tantas mulas como pudo alcanzar» según comenta en sus memorias. «Tras pinchar a tantos caballos de dos corrales como pude, vertí el resto del contenido de los frascos en los comederos y los bebederos de los animales, y arrojé las agujas y jeringuillas al río». De esta forma el Ministerio de Guerra Imperial Prusiano intentaba evitar la llegada de suministros animales que permitirían el desplazamiento de material de artillería (Pfeiffer, 2019).

4. Los agentes biológicos empleados en y entre guerras (Primera y Segunda Guerra Mundial)

En 1924 la comisión mixta de un comité asociado a la Liga de las Naciones, tras una investigación exhaustiva, estimó que no existían pruebas fehacientes de que el gobierno prusiano hubiera empleado agentes biológicos con fines ofensivos.

Entre los años 1937 a 1945 (coincidiendo en parte con la Segunda Guerra Mundial), se produce la segunda guerra chino-japonesa. Durante este periodo el gobierno japonés ordena al médico y microbiólogo Shiro Ishii (1892-1959) desarrollar un programa para la investigación y el desarrollo de armas biológicas, (Segel, MD. 2002). Shiro Ishii estudió medicina en la Universidad Imperial de Kioto y en 1922 fue asignado al hospital del Primer Ejército y la Escuela Médica Militar de Tokio. En 1928 realizó varias visitas a Occidente donde realizó investigaciones sobre los efectos de los agentes biológicos con fines bélicos desarrollados durante la Primera Guerra Mundial. En 1932 comenzó a estudiar los efectos de distintos microorganismos sobre los seres humanos con un proyecto secreto para el Ejército Imperial Japonés en la fortaleza Zhongma. A partir de los resultados obtenidos en este proyecto, y con el mecenazgo de Sadao Araki, ministro de Guerra del Japón, en 1936 obtuvo los fondos para construir las instalaciones del Escuadrón 731. El 9 de febrero de 1939, Ishii dio una conferencia sobre «guerra biológica» en el que uno de los asistentes fue el príncipe Yasuhito Chichibu, hermano del emperador Hirohito.

En 1940 fue nombrado jefe de la Sección de Guerra Biológica del Ejército de Kwantung (Gómez Acevedo, 2021), (Byrd, 2005).

Este microbiólogo japonés llegó a poner en marcha 25 laboratorios que llegaron a contar con más de 5.000 trabajadores. El más importante fue el «Escuadrón 731» localizado en Pingfan, Manchuko (actual Manchuria). Otras de las distintas unidades creadas con una importancia menor en el desarrollo táctico de agentes biológicos fueron: el Escuadrón 516 (Qiqihar), el Escuadrón 543 (Hailar), el Escuadrón 773 (Songo), el Escuadrón 100 (Changchun), el Escuadrón 1644 (Nankín), el Escuadrón 1855 (Pekín), el Escuadrón 8604 (Cantón), el Escuadrón 200 (Manchuria) y el Escuadrón 9420 (Singapur) (Heirbaut, y van Bronswijk, 2002).

Inicialmente, el Escuadrón 731, se constituyó como un complejo con 150 edificios en 6 kilómetros cuadrados que se camufló como un módulo de purificación de aguas situado en el distrito de Pingfang, al noreste de la ciudad china de Harbin, con el nombre de «Departamento de purificación de aguas y prevención de epidemias». Posteriormente fue conocido por el ejército japonés como «Laboratorio de investigación y prevención epidémica del Ministerio Político Kempeitai». Estaba constituido por ocho divisiones coordinadas y encargadas de diversos fines:

- **División I:** encargada de realizar investigaciones sobre el efecto de microorganismos patógenos en el ser humano (*Yersinia pestis*, *Brucella abortus*, *Vivrio cholerae*, *Bacillus anthracis*, *Micobacterium tuberculosis*), llegando a estudiar más de 20 agentes patógenos distintos (Greaves, y Hunt, 2010).
- **División II:** encargada de probar los agentes biológicos. Diseño y desarrollo de sistemas de propagación.
- **División III:** encargada de producir proyectiles para la transmisión de agentes biológicos a larga distancia.
- **División IV:** preparación de materiales y medios para producir los agentes biológicos (bioreactores, medios de cultivo, sistemas de extracción, etc.).
- **División V:** reclutado de personal.
- **División VI:** Unidad de Intendencia.
- **División VII:** Unidad Médica.
- **División VIII:** Unidad Administrativa.

De todos los centros de investigación sobre agentes biológicos, el Escuadrón 731 fue el responsable de los más terribles crímenes

de guerra cometidos en la época moderna. En las cárceles del Escuadrón 731 se encerraron a más de 10.000 prisioneros de guerra de origen chino, coreano, mongol, ruso y norteamericano que fueron sometidos a distintos experimentos con agentes biológicos y químicos. Al margen de esto, el arsenal de agentes biológicos y químicos dispersados entre la población china supuso la muerte de más de doscientas mil personas (Harris, 2003).

En el Escuadrón 731 también se realizaron experimentos de diseminación de agentes biológicos sobre la población civil, contaminando con agentes biológicos provisiones, ropa, alimentos, agua e incluso parásitos para transmitir enfermedades como el anthrax, disentería, fiebres tifoideas, peste bubónica o el cólera. El resultado de estos ensayos produjo cerca de cuatrocientos mil muertos entre la población china. Los ensayos más estremecedores fueron los realizados con bombas de pulgas criadas e infectadas en los Escuadrones 731 y 1644 con *Yersinia pestis* y lanzadas durante la Segunda Guerra Mundial en las poblaciones de Ningbo en 1940 y la ciudad de Changde en 1941 (Carus, 2017).

Los ensayos sobre humanos continuaron hasta el final de la Segunda Guerra Mundial en el Pacífico (año 1945). Los responsables de confianza de Ishii en cada centro fueron los responsables de la destrucción de pruebas y dinamitar los laboratorios donde se realizaban los ensayos. La estructura de los laboratorios y centros de reclusión era tan sólida que permitieron mantenerse en pie hasta la actualidad, dando testimonio de lo allí ocurrido (Vanderbrook, 2013).

Ishii y otros científicos fueron arrestados por el ejército ruso, que pretendía juzgarles por crímenes de guerra. El juicio de los responsables japoneses que fueron capturados por el ejército ruso se llevó a cabo en la ciudad de Jabárovsk, en el Extremo Oriente ruso, cerca de la frontera con China nororiental, en diciembre de 1949. Las transcripciones de los interrogatorios y de los juicios fueron publicados posteriormente en edición rusa e inglesa bajo el nombre de: «Materials on the Trial of Former Servicemen of the Japanese Army Charged with Manufacturing and Employing Bacteriological Weapons» (Moscow: Foreign Languages Publishing House, 1950). Este libro sigue siendo en la actualidad un documento clave para entender las actividades japonesas en aquella época y su intento para generar una guerra biológica.

En 1949, obtienen la inmunidad ante el Tribunal de Tokio (Tribunal Penal Militar Internacional para el Lejano Oriente) a cambio de

transferir a las fuerzas aliadas toda la información sobre los experimentos con agentes biológicos realizados sobre seres humanos (Nie, 2006).

Uno de los miembros de este tribunal, el doctor Edwin Hill (director de Fort Detrick en Estados Unidos), consideró que la cantidad de información y el bajo coste para obtenerla era de importancia incalculable para los Estados Unidos y que en Occidente nunca hubieran podido obtener «información altamente sensible de inteligencia» y no podría ser empleada como evidencias de crímenes de guerra (Carpintero, 2020).

Otras potencias beligerantes durante la Primera y la Segunda Guerras Mundiales decidieron comenzar a desarrollar sus programas biológicos, tal es el caso de Alemania, Estados Unidos, la antigua Unión Soviética y Gran Bretaña.

Los experimentos realizados con humanos por el Escuadrón 731 se parecían notablemente a los realizados por Josef Mengele en el campo de exterminio de Auschwitz desde el año 1943 (Halioua y Marmor, 2020), hasta su cierre, en enero de 1945. Entre ellos se realizaron experimentos de vivisección sin anestesia en prisioneros infectados con distintos agentes biológicos (hombres, niños y mujeres embarazadas, con la extracción posterior o no del feto para comprobar sus efectos teratogénicos). En numerosas ocasiones, los prisioneros eran inoculados con suspensiones de agentes biológicos que simulaban ser vacunas para estudiar sus efectos. También se hicieron ensayos del uso de vectores para la transmisión de agentes biológicos para ser empleados en ataques masivos sobre la población. En estos casos se emplearon pulgas infectadas con cepas muy virulentas de *Yersinia pestis*, para comprobar su viabilidad y transmisibilidad en el caso de ser empleadas en un ataque biológico (Hickey, *et al*, 2016).

El interés de los Estados Unidos por el desarrollo de un programa biológico propio se produce al final de la «Gran Guerra». El único agente biológico ensayado por los norteamericanos durante este periodo fue la toxina extraída del arbusto del ricino. Se ensayaron diversos métodos para su propagación, y el que mejores resultados obtuvo consistía en impregnar la metralla lanzada por las bombas con la toxina de forma que al estallar, la metralla tóxica matara a personas o animales que la recibían y acababan intoxicados, al margen del daño físico causado por la misma. A principios de los años 20 del siglo pasado, el Servicio de Guerra Química determinó la escasa utilidad del desarrollo

de un programa biológico, hasta que las fuerzas aliadas tuvieron noticias de los trabajos de Shiro Ishii y el Escuadrón 731 en Manchuria. En este momento, Estados Unidos plantea la posibilidad de que sus futuros aliados y enemigos desarrollen ese tipo de programas. Es en el otoño de 1941, cuando el secretario de Guerra de los Estados Unidos, Henry L. Stimson, solicitó que la Academia Nacional de Ciencias (NAS) considerara la posibilidad de desarrollar un «programa biológico» por parte de los Estados Unidos. El texto enviado al Dr. Frank B. Jewett, entonces presidente de la NAS dice así:

«Debido a los peligros que podría enfrentar este país por los enemigos potenciales que emplean lo que puede describirse ampliamente como guerra biológica, parece aconsejable que se inicien investigaciones para estudiar la situación actual y las posibilidades futuras. Por lo tanto, le pregunto si se compromete a designar un comité apropiado para examinar todas las fases de este asunto. Su organización ya tiene ante sí una solicitud por parte de esta entidad para el nombramiento de un comité por parte de la División de Ciencias Médicas del Consejo Nacional de Investigación para examinar el asunto».

La Academia Nacional de Ciencias formó un comité, el *War Bureau of Consultants* (WBC) que emitió un informe en febrero de 1942 en el que, entre otros puntos, se recomendaba la investigación y el desarrollo de un programa ofensivo de armas biológicas (Academia Nacional de Ciencias USA, 2010).

Su alianza con Reino Unido, así como el informe realizado por el WBC, sirvieron para comenzar con la investigación y el desarrollo de armas biológicas y, en noviembre de 1942, el presidente estadounidense Franklin Delano Roosevelt aprobó oficialmente el programa estadounidense de armas biológicas. En respuesta a la información proporcionada por el WBC, Roosevelt ordenó a Stimson que organizarse el Servicio de Investigación de Guerra (WRS). Formando parte de la Agencia Federal de Seguridad, el objetivo prioritario del WRS era promover «la seguridad y la salud públicas», pero, en realidad, el WRS tenía la tarea de coordinar y supervisar el programa de guerra biológica de Estados Unidos. En la primavera de 1943 los laboratorios de guerra biológica del Ejército de los Estados Unidos, se establecieron en Fort (entonces Camp) Detrick, en Frederick, Maryland (Barnaby 2002, caps. 5 y 6)

A finales de 1943 se terminaron las obras de las instalaciones de Fort Detrick. Además, se construyeron otras tres instalaciones en

distintos puntos del país: una planta de producción de agentes biológicos en el condado de Vigo, cerca de Terre Haute, Indiana; un centro de pruebas de campo en Horn Island, Mississippi; y otro cerca de Granite Peak, Utah. Tanto el nivel de seguridad desarrollado en esas instalaciones, como el nivel de camuflaje (disimulados como centros de oficinas y gestión del gobierno) fue tal que, únicamente en enero de 1946 la opinión pública tubo noticias de la finalidad de esos centros destinados al desarrollo de armas biológicas (Clendenin, 1968), (Smart, 1997).

El ejército británico, también desarrolló un programa biológico propio durante la Segunda Guerra Mundial. En 1942, los científicos militares del Departamento de Biología de Porton Down estudiaron la posibilidad de crear un ataque biológico empleando esporas de *B. anthracis*. Ante la posibilidad de la persistencia prolongada de la contaminación por este agente biológico, se buscó para los ensayos una zona remota en el norte de Escocia, la isla de Gruinard, que fue expropiada a sus dueños. Sir Oliver Graham, meteorólogo de Porton Down, estuvo al cargo de un equipo formado por cincuenta personas para llevar a cabo los ensayos. La cepa de *B. anthracis* seleccionada para el ensayo fue la *Vollum 14578*, de extrema virulencia. La isla fue completamente desalojada y se trasladaron 80 ovejas que fueron encerradas en cajones y distribuidas a lo largo de toda la isla. Se lanzaron varias bombas a favor de viento cargadas con esporas de la bacteria y se analizaron los resultados estudiando la mortalidad y morbilidad del ganado infectado, que comenzó a enfermar y morir a los pocos días. Este estudio permitió determinar que la dispersión de este agente biológico sobre diversas poblaciones alemanas las haría inhabitables durante décadas (Toner, 2001; Buchanan, 2002).

El ganado infectado o muerto fue incinerado, y la isla quedó confinada debido a la contaminación del suelo y las aguas. La corona británica adquirió la isla hasta su posterior descontaminación, que comenzó en el año 1986. En esta operación se extrajeron más de 280 TM de suelo, empleando 2.000 TM de agua de mar con agentes neutralizantes para empapar la tierra contaminada, y se incineraron miles de toneladas de tierra en el continente. El 24 de abril de 1990, el secretario de Defensa británico, Michael Neubert, daba por finalizado el proceso de descontaminación. El 1 de mayo de 1990, la isla volvió a ser adquirida por los herederos del propietario de entonces por 500 libras.

5. Los agentes biológicos en la Guerra Fría hasta la actualidad

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial (1945), se produce un enfrentamiento político, económico y social entre el bloque de los aliados occidentales, liderado por EE. UU., y el bloque del este liderado por la Unión Soviética, la llamada «Guerra Fría» (1947 a 1991). Durante un primer periodo de 1947 a 1969 es cuando el programa de investigación y producción de agentes biológicos tiene su máxima expansión. A partir de 1950, en Fort Detrick se realizaron importantes investigaciones sobre la patogenicidad y dispersión de agentes biológicos, así como ensayos de campo en diferentes áreas ligadas a este complejo de investigación: Pine Bluff, Arkansas y Dugway Proving Ground, Utah. En 1954, en las instalaciones de Pine Bluff, se comenzó la producción de agentes biológicos a nivel estratégico (Pittman, 2005). Entre 1952 y 1954, el Cuerpo Químico mantuvo una instalación de investigación y desarrollo de armas biológicas en Fort Terry, Plum Island, Nueva York. Desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta la guerra de Corea, el Ejército de los Estados Unidos, el Cuerpo Químico y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrollaron significativamente sus programas de guerra biológica, especialmente en lo que respecta a los sistemas de preparación y entrega de armamento. Durante la Guerra Fría, Estados Unidos y la Unión Soviética produjeron el armamento biológico suficiente como para erradicar toda la vida en la Tierra.

Hasta este momento, el desconocimiento de la población civil del desarrollo de armamento biológico y armamento de destrucción masiva era absoluto. En 1949, Theodor Rosebury, exdirector de Camp Detrick, hizo público su punto de vista sobre la prohibición de la producción de armas biológicas por potencias mundiales. La población norteamericana desconocía la creación de nuevas plantas de producción de *B. anthracis*, *Brucella abortus*, agentes exfoliantes y anticultivos, así como el desarrollo de bombas de racimo con los mismos. Tampoco conocía los estudios al aire libre sobre población civil que se venían realizando. El más controvertido se llevó a cabo en 1951, cuando un número desproporcionado de afroamericanos fueron expuestos a las esporas del hongo filamentoso *Aspergillus fumigatus*, para comprobar si eran susceptibles a la infección pulmonar. En el mismo año, los trabajadores del Norfolk Supply Center en Norfolk, Virginia, también fueron expuestos sin saberlo a las esporas de *A. fumigatus*.

En el año 1961, autorizado por el secretario de Defensa Robert McNamara durante el mandato de los presidentes J. F. Kennedy y L. B. Johnson se inicia el «Proyecto 112» (refiriéndose al número de miembros que intervinieron en el proceso de revisión). El objetivo oficial del proyecto era determinar los efectos de las armas biológicas y químicas en el personal de servicio del Centro de Pruebas de Deseret y Deseret Chemical Depot en el área de Fort Douglas, naturalmente, desconociendo la presencia de estos agentes en las áreas de trabajo. Además de esto, otras personas fueron expuestas sin saberlo a toxinas en buques de guerra estadounidenses. Hasta mayo del año 2000 los oficiales militares negaron categóricamente la existencia de dicho plan de armamento y experimentación, así como del Proyecto Shad relacionado con el mismo. En esta fecha, la *CBS Evening News* envió un informe de investigación preparado con imágenes y documentos que demostraban la existencia del programa, destacando los efectos producidos durante los años de experimentación. El informe provocó que las instancias superiores del Departamento de Defensa y el Departamento de Asuntos de Veteranos de los Estados Unidos, iniciasen una investigación exhaustiva sobre el Proyecto 112, revelando, también, al personal del servicio en esos años su exposición en el pasado a toxinas y agentes químicos (Mole, 1998).

En 2008, la Oficina General de Rendición de Cuentas (GAO) publicó un informe sobre los esfuerzos del ejército para rastrear a las víctimas involuntarias de este proyecto, indicando los escasos intentos de los funcionarios en advertir a las personas afectadas sobre los posibles efectos producidos por la exposición a más de veinte agentes biológicos. Según los documentos preparados por la GAO, la búsqueda de las víctimas terminó definitivamente en 2003, cuando los militares norteamericanos decidieron abandonarlas arbitrariamente. Según el informe, cientos de personas serían las que sufrirían daños y enfermedades debido a la exposición continuada a agentes químicos y biológicos (Moreno, 2000).

Las pruebas de campo de armas biológicas se completaron de manera encubierta y con éxito empleando simuladores y agentes dispersos en áreas amplias abiertas. La primera prueba estadounidense de vulnerabilidad a aerosoles a gran escala se realizó en el Área de la Bahía de San Francisco en septiembre de 1950, utilizando dos tipos de bacterias (*Bacillus globigii* y *Serratia marcescens*) junto con partículas fluorescentes. Se eligieron especies del género *Bacillus* en estas pruebas debido a su capacidad de

formación de esporas y sus características similares a las de *B. anthracis*. También se utilizó *S. marcescens* por ser un microorganismo fácilmente identificable por su característico pigmento rojo. En 1966, en el metro de la ciudad de Nueva York se dispersó una cepa de *B. globigii* para simular la propagación del ántrax en una gran población urbana. Se realizaron más pruebas de campo con especies patógenas en Dugway Proving Ground, Utah, y se llevaron a cabo estudios empleando animales en Eglin Air Force Base, Florida (Anderson, 2003).

Otro caso de investigación con humanos fue el programa de investigación médica de biodefensa, «Operación Whitecoat». Este experimento que se extendió durante una década con militares voluntarios de la Iglesia Adventista del Séptimo Día consistió en exponerlos a la bacteria *Francisella tularensis* (agente productor de la tularemia) mediante la emisión de aerosoles. Los infectados, posteriormente recibieron tratamiento con antibióticos. El objetivo del experimento (desconocido para los voluntarios), era estandarizar el contenido de bombas con *F. tularensis* para ataques contra poblaciones civiles (Mole, 1998).

Durante la década de los años 60, se cambió el enfoque del uso de los agentes biológicos, pasando de aquellos destinados a matar a los que producen incapacitación. En 1964, los programas de investigación se centraron en el uso de enterotoxina B, causante de intoxicación alimentaria que se manifiesta clínicamente de diversas maneras. También se estudiaron los agentes patógenos causantes de una gran variedad de enfermedades como ántrax, muermo, brucelosis, melioidosis, encefalitis equina venezolana, fiebre Q, coccidioidomicosis así como otros patógenos de plantas y animales.

La guerra de Vietnam provocó de nuevo que la opinión pública fuera conocedora del programa de armas biológicas de Estados Unidos. Se descubrieron programas de investigación con humanos muy controvertidos y experimentos al aire libre. Jeanne Guillemin, esposa del biólogo Matthew Meselson, resumió la controversia empleando las siguientes palabras (Guillermin, 2006).

«Todo el legado experimental que hemos conocido es desolador, desde cientos de monos muertos en Fort Detrick hasta los soldados adventistas del séptimo día voluntarios vacunados en el Proyecto Whitecoat, que fueron atados a sillas en medio de jaulas de animales y expuestos al sol de Utah mientras se les rociaban con aerosoles de la fiebre Q».

El presidente Richard M. Nixon, ante la presión social, emitió su «Declaración sobre políticas y programas de defensa química y biológica» el 25 de noviembre de 1969 en un discurso desde Fort Detrick. La declaración puso fin, incondicionalmente, a todos los programas de armas biológicas ofensivas de Estados Unidos. Nixon señaló que las armas biológicas no eran fiables y afirmó que: «Estados Unidos renunciará al uso de armas y agentes biológicos letales y a todos los demás métodos de guerra biológica. Estados Unidos limitará su investigación biológica a medidas defensivas como inmunización y medidas de seguridad». En 1972 firmó la Convención sobre armas biológicas y tóxicas (Guillermín, 2006: 112-121).

Desde el inicio del programa de armas biológicas de EE. UU. en 1943 hasta el final de la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos gastó 400 millones de dólares en armas biológicas, principalmente en investigación y desarrollo. La declaración de Nixon limitó toda la investigación de armas biológicas a la defensiva y ordenó la destrucción del arsenal biológico existente de EE. UU. Se emprendió un plan de eliminación de los agentes biológicos antipersonal almacenados Pine Bluff por valor de 12 millones de dólares de la época que se completó en mayo de 1972 e incluyó la descontaminación de las instalaciones en Pine Bluff. Otros agentes, incluidos los agentes anticultivos como la «roya del tallo del trigo», se almacenaron en la Base de la Fuerza Aérea de Beale y en el Arsenal de las Montañas Rocosas. Estos agentes anticultivos, junto con los agentes en Fort Detrick utilizados con fines de investigación fueron finalmente destruidos en marzo de 1973.

De la misma forma, el desarrollo de armas biológicas por el Reino Unido continuó después de la Segunda Guerra Mundial. Durante la década de 1950 se realizaron diferentes ensayos con *Yersinia pestis*, *Brucella abortus*, *Francisella tularensis* y el virus de la «vacina» (como simulacro frente a un ataque con virus de la viruela). En concreto se desarrollaron cinco programas distintos:

- **Operación Harness-Antigua** en el año 1948-1949.
- **Operación Cauldron-Stornoway** en 1952. Durante estas pruebas, el arrastrero Carella navegó accidentalmente a través de una nube aerosolizada de peste neumónica con células de *Yersinia pestis*. El buque se mantuvo en observación encubierta hasta que el periodo de incubación transcurrió, pero ningún miembro de la tripulación enfermó.
- **Operación Hesperus-Stornoway** en 1953.

- **Operación Ozone-Nassau** en 1954.
- **Operación Negation-Nassau** en 1954-1955.

El Programa Biológico Británico quedó cancelado en 1956, renunciando al uso de agentes biológicos y químicos y firmando la convención sobre armas biológicas en marzo de 1975 (Guillermin, 2006: 40-45).

Si bien parece claro que el Programa Biológico Soviético se desarrolló durante y después de la Segunda Guerra Mundial y posteriormente durante la Guerra Fría, el hermetismo de los distintos gobiernos del país, no permitió conocer el desarrollo de este programa hasta el año 1973 en el que se funda la agencia de guerra biológica Biopreparat, dirigida inicialmente por Yuri Kalinin y posteriormente por Ken Alibek hasta 1992 (Alibek, 1999). Se trataba de una empresa de perfil biotecnológico civil distribuida por varias ciudades de la URSS (18 en total) que dio trabajo a más de 50.000 personas. El complejo de institutos y centros de investigación ligados a Biopreparat era llamativo por su amplitud, las principales instalaciones fueron las siguientes:

- Instituto de Microbiología en Stepnogorsk, al norte de Kazajistán.
- Instituto de Preparaciones Bioquímicas Ultrapuras en Leningrado (militarización de la peste).
- Centro Estatal para la Investigación de Virología y Biotecnología (Instituto VECTOR) en Koltsovo (militarización de la viruela).
- Instituto de Bioquímica Aplicada, en Omutninsk.
- Instalación para la producción de armas biológicas en Kírov.
- Instalación para la producción de la viruela en Zagorsk.
- Instalación para la producción de armas biológicas en Berdsk.
- Instalación para la producción de armas biológicas en Sverdlovsk (militarización del ántrax).
- Centro de pruebas de armas biológicas en la isla Vozrozhdeniya, en el mar de Aral.

Dentro de sus objetivos estaban la modificación genética de microorganismos para incrementar su virulencia, la adaptación de microorganismos a ambientes extremos y el desarrollo de sistemas de dispersión o la creación de quimeras víricas.

En las instalaciones de Biopreparat se llegaron a producir 30 TM de esporas de *B. anthracis* y 20 TM virus de la viruela. La violación del Tratado de No Proliferación de Armamento Biológico quedó patente con el accidente de Sverdlovsk (Yekaterimburg) en abril de 1979.

El Complejo Militar 19-34 fue el ambiguo nombre con el que la empresa Biopreparat designó a una de las tres bases que producirían armas biológicas con *B. anthracis* en la Unión Soviética. El último viernes de marzo de 1979, uno de los técnicos encargados en esa planta escribió en una breve nota: «Filtro obstruido. Lo he quitado. Es necesario reemplazarlo».

En la planta se estaba construyendo una instalación especial de secado de esporas de *B. anthracis*, y para ello, el trabajo se dividió en tres turnos diarios. En cada uno de ellos, las máquinas debían detenerse para hacer diversas comprobaciones de seguridad, pero en ese fatal cambio de turno el filtro no fue sustituido. Ese fue el primer problema. Por otra parte, las órdenes militares en la planta de producción eran muy estrictas y se hacía especial hincapié en que cada anotación se hiciese en una especie de cuaderno de bitácora donde cada anomalía o comentario quedase registrado. Sin embargo, el técnico obvió este detalle y escribió la nota en un pequeño papel, por lo que la cadena de despropósitos fue ya imparable. El encargado del turno siguiente, al no ver nada anotado en la agenda, dio por controlada la situación cuando el desastre ya se estaba gestando en la fría noche de los Urales. Cuando se quisieron dar cuenta del error ya habían pasado varias horas. El supervisor correspondiente detuvo las máquinas y restituyó el filtro dañado, pero nadie informó a las cadenas superiores de mando.

En la misma semana del escape, varios trabajadores de la zona cayeron enfermos y fallecieron a las pocas horas. Los hospitales de la ciudad se vieron repletos de personas aquejadas de los mismos síntomas y todos ellos trabajaban o vivían en zonas próximas a la planta donde se produjo la fuga de *B. anthracis*. Este accidente ha sido definido como el «Chernobil biológico», por algunos especialistas en la materia (Rimington, 2021: 87-131).

Cuando el diario alemán *Bild Zeitung* publicó una noticia sobre el accidente, Moscú describió las acusaciones de que la epidemia fue ocasionada por un accidente en una instalación de armas biológicas como «propaganda calumniosa», e insistió en que el brote de ántrax había sido causado por alimentos en mal estado

contaminados. En 1989 Vladimir Pasechnik, especialista en armas biológicas, desertó de la URSS y desveló a Occidente la existencia de un programa clandestino de armas biológicas en la URSS.

En 1989 el presidente norteamericano G. Bush y el premier británico J. Major solicitaron a su homólogo soviético, Mijaíl Gorbachov, permitir que observadores internacionales accedieran a las instalaciones de Biopreparat. En 1991, una comisión internacional visitó las instalaciones de Sverdlovsk (Yekaterimburg) comprobando que los contenedores donde se supone se conservaban los agentes biológicos estaban vacíos y estériles. Desde 1992, tras la caída del régimen soviético, Biopreparat se mantiene como empresa dedicada a la biotecnología con fines pacíficos (Rimington, 2021: 133-152).

En 1999, con la deserción del coronel Kanatjan Alibekov, conocido en occidente como Kenneth Alibek (antiguo director de Biopreparat), se confirmó que Biopreparat seguía en esa fecha dedicándose a la fabricación de agentes biológicos modificados genéticamente para el desarrollo de «super armas biológicas».

El gobierno de Sadam Hussein (1979-2003) en Irak, desarrolló un amplio programa de producción de agentes biológicos con fines bélicos a pesar de haber firmado (aunque no ratificado hasta 1991) la Convención de Armas Biológicas (BWC) de 1972. Estos hechos fueron constatados al final de la guerra del Golfo (1990-1991), cuando observadores internacionales de la Comisión Especial de Naciones Unidas (UNSCOM) visitaron los centros de producción donde se llegaron a producir cinco cepas bacterianas de gran virulencia, una cepa fúngica, cinco tipos de virus y cuatro toxinas biológicas. De todos ellos, tres (*B. anthracis*, *C. botulinum* y diferentes aflatoxinas) habían sido cargadas en armamento para su despliegue (inspector de armas de la ONU en Irak en 2002).

El comienzo del Programa Biológico Iraquí, comenzó en la década de 1980, cuando cinco empresas alemanas comenzaron el envío de los suministros necesarios para la fabricación de micotoxinas y toxina botulínica a Irak. La Compañía Estatal de Producción de Plaguicidas Iraquí (SEPP) encargó a la empresa alemana Water Engineering Trading (WETCO) los medios de cultivo y los biorreactores para la producción de los distintos agentes biológicos que pretendían desarrollar. Las cepas de microorganismos altamente virulentos se obtuvieron de Francia, de la ATCC (American Type Culture Collection) y del CDC de Atlanta, con

la justificación de ser necesarias para investigaciones médicas. Entre los agentes solicitados se incluían cepas de *B. anthracis*, *C. botulinum*, *C. perfringens* y *Brucella melitensis*, así como del virus del Nilo Occidental. Según Thomas Monath, director del laboratorio del CDC, entregar las diferentes cepas solicitadas según la solicitud llevada a cabo por las instituciones iraquíes era de obligado cumplimiento en base a los tratados de la OMS y la ONU (Coma, 2003).

El principal centro de investigación para el desarrollo de armas biológicas estaba situado en Salman Pak (Bagdad) mientras que la principal instalación de producción de armas biológicas se situó en el centro denominado *Al Hakum* (el Juez), al noroeste de Bagdad. La producción de microorganismos y el Centro de investigación para el desarrollo de agentes víricos se situaban en Al Manal (centro donde se desarrolló el agente productor de la fiebre aftosa).

La instalación de *Al Hakum* comenzó la producción de *B. anthracis* apto para ser utilizado en armas en 1989, y finalmente produjo 8.000 litros o más (8.000 litros según las cantidades declaradas) con cargas superiores a 10^8 - 10^9 esporas por mililitro. En 1995 Iraq reconoció oficialmente que había trabajado con varias especies de bacterias y virus patógenos, incluidos *B. anthracis*, *C. botulinum* y *C. perfringens* (agente causal de la gangrena gaseosa) así como varios virus (incluidos enterovirus), toxinas como la botulínica, la ricina y las aflatoxinas. Durante todo este tiempo, en total, Iraq había producido 19.000 litros de toxina botulínica concentrada (cargando 10.000 litros en municiones), 8.500 litros de esporas de *B. anthracis* concentradas (6.500 litros cargados en municiones) y 2.200 litros de aflatoxinas (1.580 litros cargados en municiones). En total, el programa produjo medio millón de litros de agentes biológicos (Pita, 2018).

Durante las inspecciones realizadas por los observadores internacionales de la Comisión Especial de Naciones Unidas, se constató que se habían realizado ensayos de armamentos biológico sobre prisioneros, comenzando en la década de 1980 durante la guerra irano-iraquí causando centenares de muertos.

Cuando en 2003, el gobierno estadounidense justificó la invasión y posterior guerra con Iraq debido al mantenimiento y fabricación de agentes biológicos y químicos inofensivos, el programa biológico iraquí, ya no existía, todo se basó en una información falsa de un miembro del MI6 británico.

En la versión no clasificada del informe realizado por el Congreso de Estados Unidos que hace la comunidad de inteligencia sobre la adquisición de tecnología relacionada con la producción y desarrollo de armamento biológico de 2008, se indica que Corea del Norte afirma tener infraestructura biotecnológica para producir distintos agentes biológicos aplicados a la guerra. Algo parecido sucede con Siria, aunque su capacidad para incluir agentes biológicos en armamento parece muy limitado. También parece que China realizó actividades de «doble uso» con agentes biológicos entre los años 2004 y 2008, aunque no parece que violaran el CABT (Pita, 2012).

6. Bioterrorismo o el uso no gubernamental de los agentes biológicos con fines armamentísticos

Otro aspecto para tener en cuenta en el uso malintencionado de agentes biológicos es su utilización en ataques por grupos terroristas. A lo largo del siglo XX y lo que llevamos del siglo XXI distintos grupos paragubernamentales han buscado la capacidad de producir y diseminar distintos tipos de agentes biológicos con fines terroristas. En 1972, la policía de Chicago arrestó a Allen Schwander y Stephen Pera, estudiantes que intentaron contaminar las aguas de la ciudad con *Salmonella typhi*. Este primer ataque terrorista no tuvo ninguna importancia, pues la cepa empleada no era virulenta. También en la ciudad de The Dalles (Oregón) en 1984, se produjo un ataque bioterrorista por seguidores del «Movimiento Osho». La finalidad del ataque era incapacitar a la población local para controlar unas elecciones contaminando ensaladas de 11 restaurantes con *Salmonella typhimurium*. El ataque produjo 721 enfermos graves.

El programa biológico más ambicioso desarrollado por un grupo terrorista ha sido el de la secta japonesa *Aum Shinrikyo*. El interés de esta secta por desarrollar armamento biológico surge de las informaciones sobre los programas de armamento biológico del gobierno iraquí en el año 1991. Seiichi Endo, seguidor de la secta, virólogo y genetista molecular de la Universidad de Kioto, abandona la institución para convertirse en el responsable del programa biológico de la secta. El primer agente que intentaron desarrollar fue la producción de toxina botulínica. Los trabajos para la obtención de esta se realizaron en 1990. A partir de muestras de suelo, pretendieron aislar cepas de *C. botulinum* y producir la toxina en su cuartel general de Kamikuishiki, inten-

tando dispersarla sobre la base norteamericana de Yokosuka y en el Palacio Imperial de Tokio. Todos los ataques resultaron fallidos ante la incapacidad de aislar cepas virulentas de *C. botulinum*. Su programa para la producción de *B. anthracis* comenzó en 1992 y se extendió hasta el año 2000. En 1993 la secta lanzó una suspensión de *B. anthracis* desde un edificio de Tokio sin ningún resultado. En el año 2000 se analizaron muestras de la cepa lanzada en 1993 y se comprobó que se trataba de una cepa vacunal inocua, la cepa «Sterne 34F». Hasta la fecha no se han detectado otros intentos con resultados positivos por parte de la secta, aunque se intentaron obtener cepas del virus del Ébola y de la bacteria *Coxiella burnetti* sin ningún resultado.

Otro grupo terrorista que se interesó por el uso de agentes biológicos fue el encabezado por Osama bin Laden, que desde 1998 tomó la decisión de adquirir o producir armas biológicas. Es posible que su interés pudiera radicar más en el efecto psicológico de la utilización de estas armas que en su capacidad de adquisición, fabricación y lanzamiento, causando en la población una sensación de miedo y pánico generalizado ante un posible ataque. Aunque en 1993 Al Qaeda disponía de una Comisión de Armas de Destrucción Masiva, solo a partir de 1996, con la desertión de Jamal Ahmed Al Fadl, se conocieron las intenciones de este grupo. Tras el comienzo de la guerra de Afganistán con Estados Unidos en 2001, el periodista Alan Cullison, del *Wall Street Journal* en Kabul, se hizo con dos ordenadores de segunda mano con información de Al Qaeda sobre el desarrollo de un programa biológico denominado Al Zabadi. En este programa biológico se planteaba la posibilidad de realizar ataques indiscriminados con *B. anthracis*, basados en la escasa capacidad de detección de estos ataques y sobre todo lo difícil que resulta la defensa frente a ataques con este tipo de armas.

El Departamento de Defensa de Estados Unidos informó de haber encontrado una centrífuga y un horno como parte del equipo que se utilizaría en un posible laboratorio para la producción de esporas de *B. anthracis* en Kandahar, aunque la única cepa encontrada fue la cepa Sterne. La agencia France-Presse informó en 2007 que el portavoz talibán Muhammad Hanif disponía de varios paquetes llenos de polvo con *B. anthracis*. Al Qaeda centró su programa biológico en la búsqueda de microbiólogos capaces de aislar, cultivar y producir tanto *B. anthracis*, como vacunas contra el citado agente, centrando sus intentos en personal afgano. En este sentido, en un laboratorio en construcción cerca de Kandahar y en un campo de entrenamiento de Al Qaeda próximo también a esta ciudad, se encontraron notas

dirigidas a Al Zawahiri (médico, mentor y mano derecha de Osama bin Laden) del microbiólogo paquistaní Dr. Abdul Rauf. El microbiólogo, que trabajaba en el Consejo de Investigación Científica e Industrial en Lahore (Paquistán) y era miembro de la Sociedad para la Microbiología Aplicada del Reino Unido, indicaba diferentes procedimientos para el cultivo y manipulación de *B. anthracis*, incluyendo diagramas básicos del diseño de un laboratorio de biocontención para la producción de armas biológicas. En sus escritos Rauf indica la incapacidad para obtener cepas virulentas de *B. anthracis* y los escasos medios económicos disponibles para el desarrollo del programa biológico. Otro activista de Al Qaeda, Khalid Sheikh Mohammad, cerebro de los atentados del 11S, declaró ante uno de los tribunales de Guantánamo, haber participado en un programa de armas biológicas que estaba desarrollando Al Qaeda. Con respecto al programa de desarrollo de agentes toxigénicos, este se estaba llevando a cabo en el campo de Abu Khabab en Darunta, donde se encontraron procedimientos básicos para la extracción y purificación de ricina. No obstante, estos procedimientos de producción de toxina, provenían de los llamados *cookbooks* de Internet, y eran muy rudimentarios y no permitían obtener una concentración lo suficientemente peligrosa de la toxina para causar ningún daño sobre la población. Hoy en día hay discrepancias sobre la posibilidad de que Al Qaeda disponga de un laboratorio donde se puedan llevar a cabo los procesos de producción y estabilización de agentes biológicos. En enero de 2009, el periódico *The Sun* publicó que cuarenta miembros de Al Qaeda habrían muerto por peste en un campo de entrenamiento de Tizi Ouzou (Argelia). Dicho campo se cerró y fue necesario evacuar a todo el personal que se encontraba allí. Se especuló sobre la posibilidad de que el accidente se hubiera producido por una mala manipulación durante el proceso de producción del agente productor de la peste. Estos hechos plantean la posibilidad de que un terrorista suicida active explosivos contaminados con *Y. pestis* pudiendo provocar peste neumónica sobre la población civil.

En un artículo publicado en *American Journal of Emergency Medicine*, Derrick Tin, Pardis Sabeti y Gregory R. Ciotto plantean que la pandemia de COVID-19 ha reavivado los debates y las discusiones a nivel internacional sobre la vulnerabilidad de la bioseguridad en los sistemas de atención médica y ha puesto de relieve la posible utilización de agentes biológicos como armas. Grupos terroristas y extremistas violentos ya han intentado incitar la propagación intencional de COVID-19 y utilizarlo como una forma improvisada de arma biológica (U.N. News, 2020).

El rápido progreso de los procesos biotecnológicos, los avances en la edición génica, la comercialización de kits para la aplicación de la tecnología CRISPR-Cas y la interconectividad de datos generalizada así como el acceso a bancos de datos genéticos gratuitos en todo el mundo representa una importante amenaza de bioterrorismo mundial (Coyne, 2021).

D. Tin, a través de una búsqueda exhaustiva empleando la plataforma «Global Terrorism Database» (GTD) ha podido obtener una relación de los principales actos terroristas empleando agentes biológicos sucedidos entre los años 1970 y 2019 (los datos de los dos últimos años aún no están disponibles) (Global Terrorism Database, 2021). Esta plataforma es abierta y utiliza inteligencia artificial que identifica posibles eventos terroristas de los medios de comunicación de todo el mundo y los confirma mediante un examen humano realizado por el «National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism» (START.umd.edu, 2021).

Los criterios que debe cumplir un acto bioterrorista para ser considerado como tal por la GTD son:

1. El acto bioterrorista debe estar encaminado a lograr un objetivo político, social, económico o religioso.
2. Debe existir una clara evidencia de coaccionar, intimidar o transmitir algún otro mensaje a una audiencia (o audiencias) más grande que las víctimas inmediatas.
3. La acción realizada debe estar al margen de las legítimas actividades bélicas (estar fuera de los parámetros establecidos dentro del derecho internacional humanitario, en particular sobre ataques a civiles y no combatientes).

En base a estas premisas, a lo largo del periodo estudiado se han producido en el mundo 33 ataques bioterroristas, con 9 fallecidos y 806 heridos de diversa consideración. 21 de esas acciones ocurrieron en territorio norteamericano, tres en Kenia, dos en el Reino Unido y Paquistán respectivamente, y una en Japón, Israel, Colombia, Rusia y Túnez. En función del tipo de objetivo, el mayor número de ellos corresponde al ámbito gubernamental, con trece incidentes, seis en periódicos y medios de comunicación, cuatro en empresas y ciudadanos particulares, dos en actividades varias (pero siempre relacionadas con la política y la comunicación) y una en aeropuertos, instituciones educativas, turistas y no asignados respectivamente (tabla 1).

Respecto a los agentes empleados, el mayor número de ellos, veinte, se realizaron con *B. anthracis*; de ellos, diez se realizaron

en territorio norteamericano y se relacionaron de manera no concluyente con el Dr. Bruce Ivins, investigador norteamericano del Servicio Médico del Ejército de EE. UU., que desarrollaba su actividad profesional en el Instituto de Investigación de Enfermedades Infecciosas (USAMRIID), en Fort Detrick. El resto de ataques han empleado diferentes agentes: *Salmonella* sp. (cinco), ricina (tres), material fecal (dos), toxina botulínica (uno), HIV (uno) y ricina junto a *B. anthracis* (uno). Según el libro de códigos de la GTD, se entiende que, si los incidentes suceden en la misma zona geográfica y en el mismo punto temporal, se consideran el mismo. Pero si el tiempo en el que suceden los incidentes, y sus ubicaciones son discontinuas, los eventos se consideran como sucesos diferentes (Tin, 2022).

Agente biológico	Fecha acción	Lugar/País	Objetivos	Daños Muertos/heridos	Grupo terrorista
<i>Bacillus anthracis</i> (Anthrax)	01/10/2011	Islamabad/Pakistan	Gobierno	0/0	Desconocido
	14/3/2005	Arlington/EE. UU.	Gobierno/Ciudadanos	0/0	Desconocido
	14/11/2001	Oxford/EE.UU.	Desconocido	1/0	Desconocido
	23/10/2001	Karachi/Pakistan	Periodistas/Medios	0/0	Desconocido
	29/10/2001	NY/EE. UU.	Negocio	0/0	Desconocido
	26/10/2001	Washington/EE.UU.	Gobierno	1/0	Desconocido
	19/10/2001	NY/EE. UU.	Periodistas/Medios	0/0	Desconocido
	18/10/2001	NY/EE. UU.	Periodistas/Medios	0/0	Desconocido
	17/10/2001	NY/EE. UU.	Gobierno	0/0	Desconocido
	15/10/2001	Reno/EE. UU.	Negocio	0/0	Desconocido
	15/10/2001	NY/EE. UU.	Periodistas/Medios	0/1	Desconocido
	15/10/2001	Washington/EE. UU.	Gobierno	2/6	Desconocido
	10/12/2001	NY/EE. UU.	Periodistas/Medios	0/6	Desconocido
	14/10/2001	Nyeri/Kenia	Ciudadanos	0/0	Desconocido
	11/10/2001	Nairobi/Kenia	Ciudadanos/Propiedades	0/5	Desconocido
	09/10/2001	Washington/EE. UU.	Gobierno	2/1	Desconocido
	10/2/2001	Boca Ratón/EE. UU.	Periodistas	1/5	Desconocido
	01/7/1995	Kameido/Tokio	Ciudadanos	0/0	Aum Shinrikyo
	14/10/1981	Reino Unido	Gobierno	0/0	Dark Harvest
	10/10/1981	Reino Unido	Gobierno	0/0	Dark Harvest

Agente biológico	Fecha acción	Lugar/País	Objetivos	Daños Muertos/heridos	Grupo terrorista
Ricina/ <i>B. anthracis</i>	28/2/2019	Túnez/Túnez	Gobierno/Periodistas/ Medios de comunicación	0/0	Extremistas islámicos
Ricina	02/02/2004	Washington/EE. UU.	Gobierno	0/0	Desconocido
	12/11/2003	Washington/EE. UU.	Gobierno	0/0	Desconocido
	15/10/2003	Greenville/EE. UU.	Gobierno	0/0	Desconocido
Materia fecal	08/9/2018	Moscú/Rusia	Ciudadanos/Propiedades privadas	0/1	Grupo SERB Grupo de liberación de Rusia
	04/1/2014	Juntas de Birmania/Colombia	Desconocido	0/0	FARS Colombia
<i>Salmonella typhi</i>	23/5/2000	Israel	Turistas	2/0	Desconocido
<i>Salmonella spp</i>	20/9/1984	The Dalles/EE. UU.	Negocios/Ciudadanos	0/721	Rajneesheres
	09/9/1984	The Dalles/EE. UU.	Negocios/Ciudadanos	0/25	Rajneesheres
	29/8/1984	Washington/EE. UU.	Gobierno	0/2	Rajneesheres

Tabla 1. Lista de actos terroristas ocurridos en los últimos años, indicando el agente biológico, el país y el grupo terrorista

La reciente pandemia de COVID-19 ha mostrado los significativos fallos en la biocontención, detección y vigilancia de enfermedades, la movilización de personal, equipos de protección, capacidades de emergencia médica y contramedidas de vacunas para amenazas biológicas. También ha revelado la complejidad en el liderazgo para abordar situaciones de crisis, junto a la escasa educación pública, como lo demuestra la inconsistencia para la implementación y cumplimiento de intervenciones no farmacéuticas (NPI), además de la vacilación y las desigualdades mundiales en materia de vacunas. Todo ello podría ser utilizado de cara a la planificación de un ataque bioterrorista. El origen del virus SARS-CoV-2 sigue sin aclararse, lo que ha planteado un debate en torno al uso de tecnología moderna para manipular agentes existentes o crear nuevas amenazas biológicas en el futuro (Ma, 2020).

7. El futuro de las armas biológicas

Algunos especialistas plantean la semejanza entre los agentes biológicos recombinantes utilizados con fines bélicos y las armas nucleares. Los dos tienen un amplio radio de alcance, aunque las armas biológicas podrían tener un efecto más amplio. Ambas pueden contaminar una zona durante varias décadas y conllevan un alto riesgo en su manipulación y producción. Sin embargo, la utilización de armas biológicas tiene una clara ventaja: pueden destruir al enemigo, pero no las infraestructuras de la zona afectada a pesar de que la contaminación microbiológica permanezca latente durante mucho tiempo. Además, tal como hemos visto, su uso no está controlado por procedimientos legales internacionales como los que se aplican a las armas nucleares.

El desarrollo de las técnicas de ingeniería genética, la secuenciación de genomas y en especial el del ser humano, así como los avances en biología sintética, abren poderosas y a la vez peligrosas perspectivas en el desarrollo de nuevos agentes biológicos capaces de integrar su material genético en el del ser humano (Cameron, 2014; Shapira, 2017), permanecer en este de forma críptica durante un tiempo indeterminado y comenzar a desarrollar sus efectos frente a un estímulo ambiental o inducido. Los nuevos avances en ingeniería genética como la tecnología CRISPR-Cas, han impulsado significativamente el crecimiento de la biología sintética (Heidari, 2017). La capacidad para editar casi de forma instantánea secuencias génicas sin necesidad de herramientas altamente sofisticadas empleando equipos muy asequibles desde el punto de vista económico, genera preocupación respecto al *biohacking*, un movimiento biotecnológico pujante, en el que las personas pueden experimentar y crear genomas desde cero (incluidos los de patógenos letales) con poca o ninguna supervisión de seguridad. En la actualidad es posible adquirir kits para desarrollar la tecnología CRISPR-Cas a través de Internet de una forma sencilla, rápida y con un muy bajo coste económico.

La Convención sobre las armas biológicas (CAB o BWC), que entró en vigor en 1975, ha sido suscrita hasta la actualidad por 180 estados, seis más la han firmado, pero no ratificado, restan once estados que no la han firmado ni ratificado aún. En dicha convención se prohíbe de manera efectiva el desarrollo, producción, adquisición, transferencia, almacenamiento y uso de las armas biológicas y tóxicas, siendo un elemento fundamental para los

esfuerzos de la comunidad internacional a la hora de abordar la proliferación de las armas de destrucción masiva.

En la actualidad se desconoce el arsenal de agentes biológicos que disponen los distintos países, no obstante centros de investigación como el CDC de Atlanta y el Instituto Vector de Rusia disponen para investigación de cepas de extrema virulencia.

En el artículo 1 de la citada convención se indica que: «Las partes firmantes de la Convención se comprometen a nunca ni en ninguna forma desarrollar, producir, almacenar ni adquirir o conseguir por cualquier medio agentes microbianos, otros agentes biológicos o toxinas que no estén justificados para fines sanitarios, de protección u otros de fin pacífico».

Es responsabilidad de los países firmantes y de los investigadores de estos adquirir un compromiso ético para cumplir y hacer cumplir todos y cada uno de los artículos de esta declaración para el desarrollo de la paz y el bienestar de la humanidad.

8. Bibliografía

- Academia Nacional de Ciencias. (2010). https://hmong.es/wiki/US_biological_warfare_program
- Alibek, K. y Handelman, S. (2000). *Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World - Told from Inside by the Man Who Ran it*. Delta ISBN 0-385-33496-6.
- Anderson, M. D. y Arthur, O. (2003). A brief history of military contributions to ethical standards for research involving human subjects. <http://www.geocities.com/artnscience/jm4-primr.html>
- Amherst and the conquest of Canada. (2003). Selected papers from the correspondence of Major-General Jeffrey Amherst while Commander-in-Chief in North America from September 1758 to December 1760 edited by Richard Middleton. Stroud, Sutton Publishing for the Army Records Society. ISBN 0-7509-3142-6.
- Barnaby, W. (2002). *Fabricantes de epidemias. El mundo secreto de la guerra Biológica*. Madrid, Siglo XXI.
- Buchanan, P. (2002). Who gave mankind the gift of WMD? - World Net Daily. <http://www.wnd.com/index.php>

- Byrd, G. D. (2005). General Ishii Shiro: His Legacy is That of Genius and Madman. Digital Commons @ East Tennessee State University.
- Christopher, G. W.; Cieslak, T. J.; Pavlin, J. A. y Eitzen, E. M. (1997). Biological warfare. A historical perspective. *JAMA*. 1997 Aug 6; 278 (5):412-7. PMID: 9244333.
- Cameron, D. E.; Bashor, C. J. y Collins, J. J. (2014). A brief history of synthetic biology. *Nature Reviews Microbiology*. 12:381-90.
- Carus, W. S. (2017). *A Short History of Biological Warfare: From Pre-History to the 21 st Century*. United States Department of Defense.
- Carpintero García, G. (2020). El proceso de Tokio: el Tribunal Penal Militar Internacional para el Lejano Oriente (1946-1948). *Revista Dignitas*. (3), 104-127.
- Clendenin, R. M. (1968). *Science and Technology at Fort Detrick 1943-1968*. Washington, DC, U.S. Army.
- Cole, L. A. (1988). *Clouds of Secrecy: The Army's Germ Warfare Tests Over Populated Areas*. Totowa, NJ, Rowman and Littlefield.
- Coma, M. (2003). Tras las armas de Sadam: el informe Kay y los motivos de la guerra. Area: Defensa y Seguridad. *ARI*. N.º 123/2003. Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos.
- Cordero del Campillo, M. (2001). Las grandes epidemias en la América colonial. *Archivos de Zootecnia*. 50: 597-612.
- Coyne, J. A. (2017). New gene-editing tool could cure disease. Or customize kids. Or aid bioterrorism. *Washington Post*.
- Derbes, V. J. (1966). De Mussis and the great plague of 1348: A forgotten episode of bacteriological warfare. *JAMA*. 196 (1):179-182.
- Eitzen, E. M. y Takafuji, E. T. (1997). Perspectiva histórica de la guerra biológica. En: *Textbook of Military Medicine, Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. EE. UU., Publicado por la Oficina del Cirujano General, Departamento del Ejército.
- García de los Ríos, J. E. y Jiménez Gómez, P. A. (2007). *Hablemos de bioterrorismo*. Madrid, Pearson Alhambra.
- Global Terrorism Database (GTD) | START.umd.edu. <https://www.start.umd.edu/data-tools/global-terrorism-databasegtd>

- Guillermin, J. (2006). *Biological Weapons: From the Invention of State-Sponsored Programs to Contemporary Bioterrorism*. Columbia University Press.
- Gómez Acevedo, J. C. (2020). *Unidad 731: La guerra Biológica del Imperio del Japón*. Trabajo de fin de grado en Estudios en Asia Oriental. Universidad de Sevilla.
- Greaves, I, y Hunt, P. (2010). Biological Agents. En: Churchill Livingstone (ed.). *Responding to Terrorism. A Medical Handbook*. Pp. 133–231. doi:10.1016/b978-0-08-.
- Halioua, B. y Marmor, M. F. (2020). The eyes of the angel of death: Ophthalmic experiments of Josef Mengele. *Survey of Ophthalmology*. 65(6), 744– 748. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2020.04.007>
- Harris, S. H. (2003). Japanese Biomedical Experimentation During the World War II Era. En: *Textbooks of Military Medicine. Military Medical Ethics*. Volume 2, pp. 463 – 506.
- Heidari, R.; Shaw, D. M. y Elger, B. S. (2017). CRISPR and the rebirth of synthetic biology. *Science and Engineering Ethics*. Apr 1;23(2):351–63.
- Heirbaut, J. M. F. y van Bronswijk, J. E. M. H. (2002). *Unit 731. Technische Universiteit Eindhoven* [Trabajo de Investigación, Universidad Técnica de Eindhoven]. <https://research.tue.nl/en/publications/unit-731>
- Hickey, D., et al. (2016). Unit 731 and moral repair. *Journal of Medical Ethics*. 43(4), 270–276.
- Inspector de armas de la ONU en Irak en 2002. https://hmgong.es/wiki/Iraqi_biological_weapons_program#title
- Ma, H., et al. (2020). Hospital biosecurity capacitation: analysis and recommendations for the prevention and control of COVID-19. *Journal of Biosafety and Biosecurity*. 2(1):5–9.
- Martín, A., et al. (2019). Microbiología esencial. *Introducción a la microbiología: aspectos históricos*. Madrid, Ed. Interamericana. Pp. 3-15.
- Mole, R.L. y Mole, D. M. (1998). *For God and Country: Operation Whitecoat: 1954 –1973*. Brushton, NY, Reach Services.
- Moreno, J. D. (2000). *Undue Risk: Secret State Experiments on Humans*. New York, NY, W.H. Freeman and Co.
- Newson, L. A. (1991). Old World Epidemics in Early Colonial Ecuador. En: *Secret Judgments of God George Lovell. Old World Disease in Colonial Spanish America*. Noble David Cook

- (ed.), University of Oklahoma Press, The Civilization of the American Indian Series: 84-112.
- Nie, J. B. (2006). The United States cover-up of Japanese war-time medical atrocities: complicity committed in the national interest and two proposals for contemporary action. *The American journal of bioethics*. 6(3), 21-33. <https://doi.org/10.1080/15265160600686356>
- Peter d'Errico. (2010). http://www.umass.edu/legal/derrico/amherst/lord_jeff.html
- Pita, R. (2012). Análisis de la amenaza biológica en Siria. *Documento de Opinión*. IEEE. IEEE\LIBRO GUERRA BIOLÓGICA\bibliografia\Dialnet-AnalisisDeLaAmenazaQuimicaYBiologicaDeSiria-7453901.pdf
- Pita, R. y Gunaratna, R. (2018). El agente etiológico del anthrax maligno como arma biológica y su posible uso en atentados terroristas: a propósito de la crisis del *Ametithrax* del 2001. *Athena Intelligence Journal*. Vol 3, n.º 3, pp. 21-55.
- Pittman, P. R., et al. (2005). An Assessment of Health Status among Medical Research Volunteers Who Served in the Project Hitecoat Program at Fort Detrick. Maryland. *Military Medicine*. 170, 3:183.
- Pfeiffer, D. (2017). Germ Warfare in WWI Used on Horses in the U.S. «Tony's Lab». Vol. 49, No. 3. [Consulta: 18 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.archives.gov/publications/prologue/2017/fall/tonys-lab>
- Rimington, A. (2021). *The Soviet Union's Invisible Weapons of Mass Destruction. Biopreparat's Covert Biological Warfare Programme*. Springer Ed.
- Rothenberg, G. E. (1980). *El arte de la guerra en la era de Napoleón*. Bloomington, Indiana, Indiana University Press. ISBN 0-253-31076-8.
- Shapira, P.; Kwon, S. y Youtie, J. (2017). Tracking the emergence of synthetic biology. *Scientometrics*. 112(3):1439-69.
- Segel, M. D. (2002). Unit 731. Medical madness in the «other» holocaust. *The Canadian Journal of Diagnosis*. Pp. 55-59.
- Smart, J. K. (1997). History of chemical and biological warfare: an American perspective. En: Sidell, F.R.; Takafuji, E. T. y Franz, D.R. (eds.) *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington, DC, Borden Institute, Walter Reed Army Medical Center. Pp. 9 -85.

START.umd.edu | Disponible en: <https://www.start.umd.edu/>

Sotelo, J. (2012). Las armas biológicas en tiempos de guerra. *Revista Anexos*. 415: 94-97.

Tin. D.; Sabeti, P. y Ciottone, G. R. (2022). Bioterrorism: An analysis of biological agents used in terrorist events. *American Journal of Emergency Medicine*. 54, pp. 117-121.

Toner, E. (2001). Anthrax: An Old Scare. *The Washington Post*. <http://www.washingtonpost.com/>

U.N. News. (2020). Extortion, bio-warfare, and terrorism: Extremists are exploiting the pandemic, says UN report. <https://news.un.org/en/story/2020/11/1077932>

Vanderbrook, A. (2013). *Imperial Japan's Human Experiments Before and During World War Two* [Tesis de Maestría]. Universidad de Florida Central. <https://stars.library.ucf.edu/etd/>

Willey, J. M., et al. (2009). *Microbiología*. Ed. Mc Graw Hill. Pp. 8-10.

MÓDULO II

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Capítulo segundo

Características de los agentes biológicos

*Javier Vicente Sánchez
Domingo Marquina Díaz
José Ignacio Castro Torres*

Resumen

Algunos agentes biológicos, pueden ser empleados como armas ofensivas (bacterias, rickettsias, virus, hongos filamentosos, protistas o toxinas), obtenidos a partir de cepas naturales o por modificaciones genéticas o selección en el laboratorio de alguno de ellos. Todos ellos presentan una serie de características que permiten que puedan ser considerados como potenciales armas y que resultan determinantes para su elección. Factores intrínsecos (propios del agente) como su nivel de patogenicidad, grado de virulencia, tiempo de incubación o forma de transmisión y extrínsecos (factores medioambientales) viento, humedad, temperatura, luminosidad, vías de entrada. Otra serie de factores a tener en cuenta para la elección de un agente biológico están relacionados con su facilidad y bajo coste para ser producidos (temperatura de crecimiento, requerimientos nutricionales, escalado de producción, estabilización del agente, etc.). También hay que evaluar las ventajas de su uso, los inconvenientes de su utilización, determinar cuál va a ser el lugar idóneo para su empleo y qué propiedades tiene desde el punto de vista ofensivo. Es muy importante conocer los tipos de patologías que pueden producir. Entre los agentes que potencialmente podrían ser empleados en un ataque biológico, los más probables evaluados

por un análisis exhaustivo de los factores anteriores se encontrarían *Bacillus anthracis* (agente productor del anthrax), *Yersinia pestis* (productor de la peste), el virus de la *Variola* (productor de la viruela) y el virus productor de la viruela del mono y la intoxicación por ricina. Este estudio puede resultar de utilidad de cara a una evaluación razonada para determinar el potencial de distintos agente biológicos, así como estimar sus riesgos de empleo.

Palabras clave

Agente biológico, toxina, bacteria, virus, peligrosidad, armas.

Characteristics of biological agents

Abstract

*Some biological agents can be used as offensive weapons (bacteria, rickettsiae, viruses, filamentous fungi, protists or toxins), obtained from natural strains or by genetic modification or selection in the laboratory of any of them. All of them have a series of characteristics that allow them to be considered as potential weapons and that are decisive for their choice. Intrinsic factors (specific to the agent) such as its level of pathogenicity, degree of virulence, incubation time or form of transmission and extrinsic factors (environmental factors) wind, humidity, temperature, light, entry routes. Another series of factors to take into account when choosing a biological agent are related to its ease and low cost to be produced (growth temperature, nutritional requirements, production scaling, agent stabilization, etc.). It is also necessary to evaluate the advantages of its use, the disadvantages of its use, determine which is going to be the ideal place for its use and what properties it has from the offensive point of view. It is very important to know the types of pathologies that they can produce. Among the agents that could potentially be used in a biological attack, the most probable evaluated by an exhaustive analysis of the previous factors would be *Bacillus anthracis* (producing agent of anthrax), *Yersinia pestis* (producing the plague), *Variola virus* (producer of Smallpox) and the virus that produces monkeypox and ricin poisoning. This study may be useful for a reasoned evaluation to determine the potential of different biological agents as well as to estimate their employment risks.*

Keywords

Biological weapon, toxin, bacteria, virus.

1. Los agentes biológicos

Un agente biológico es cualquier microorganismo (celular o acelular), toxina o prión que puede desarrollarse en cualquier ambiente, y que en algunas circunstancias puede causar enfermedad en el hombre, animales o plantas o producir deterioro en el material.

De igual forma, un agente de guerra biológico se puede definir como un agente biológico confirmado, que ha podido ser o no modificado, procesado o militarizado para ser deliberadamente utilizado para producir enfermedad o muerte en humanos, animales o plantas o para producir deterioro en el material.

Ante la posibilidad de un ataque con agentes biológicos, este, no tiene porqué producirse empleando alguno conocido. No obstante, los posibles agentes biológicos que pueden emplearse en un ataque pueden agruparse de forma genérica en: bacterias, rickettsias (bacterias endoparásitas), virus, hongos filamentosos, protistas y toxinas (vegetales, animales y microbianas). Desde el punto de vista jurídico, se considera que un agresivo de combate de tipo B (agente biológico) es un microorganismo capaz de causar una enfermedad o la muerte a seres humanos, animales o plantas. No obstante, en los textos biomédicos se incluyen a las toxinas dentro de este tipo de agresivos de combate.

Las bacterias son microorganismos unicelulares, procariotas (sin núcleo diferenciado), con una distribución cosmopolita (suelo, aire, agua, animales y plantas). En la actualidad, somos capaces de identificar unas 10.800 especies cultivables (10.358 bacterias y 502 arqueas), pero esto supone como mucho entre un 10-15 % del total existente en el planeta. Las técnicas de secuenciación masiva (Earth Microbiome Project) han catalogado unos 10 millones de especies de microorganismos. Algunos autores han llegado a plantear que en la Tierra pueden existir hasta un billón de especies¹, aunque de todas ellas, solo un pequeño porcentaje son patógenas.

Las bacterias, pueden presentar distinta forma (cocoide, bacilar o espiriforme), así como distintas agrupaciones (libres, cadenas, sarcinas, palillos chinos, etc.) con tamaños que oscilan entre 0,5 y 5 μm de longitud. Algunas, pueden desarrollar formas de resistencia ante condiciones ambientales y nutricionales extremas

¹ López-Gofí, I. (2012). Microbio. Noticias y curiosidades sobre virus, bacterias y microbiología. <https://microbioblog.es/cuantas-especies-de-microbios-hay-en-el>

(endosporas), y pueden presentar movilidad por el desarrollo de unos apéndices denominados flagelos (fig. 1).

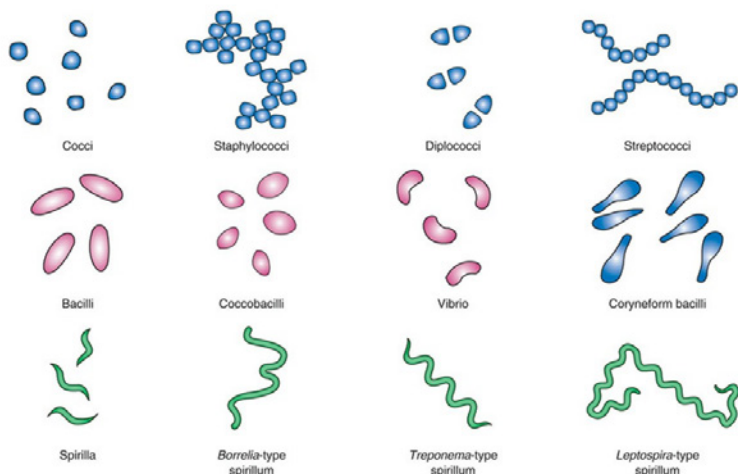


Fig. 1. Formas y agregados de bacterias. Imagen extraída de: <https://www.monografias.com/trabajos54/bacterias-virus-priones/bacterias-virus-priones2>

Las rickettsias, pertenecen a un género de bacterias, Gram negativas, que no forman esporas, con aspecto pleomórfico (cocoide, bacilar o filamentosa) con un tamaño entre 0,1 a 10 μm de longitud. Todas ellas producen enfermedades en los humanos y algunos animales. Son transmitidas por artrópodos (pulgas, piojos, ácaros y garrapatas), aerosoles, mordeduras, picaduras, rasguños en la piel, agua y alimentos contaminados (fig. 2). Son parásitos intracelulares obligatorios, multiplicándose preferentemente en las células endoteliales.

Las rickettsias no pueden ser cultivadas en medios de laboratorio, y por tanto deben cultivarse empleando embriones (normalmente en huevos de pollo embrionados). Pese a producir enfermedades graves (fiebre Q, tifus exantemático, ehrlichiosis, anaplasmosis o la fiebre de las Montañas Rocosas), pueden ser tratadas con antibióticos del grupo de las tetraciclinas.

Los virus son microorganismos acelulares, formados por ácidos nucleicos (ADN o ARN) mono o bicatenarios con estructura lineal o circular. Con un tamaño muy pequeño, entre 0,02 a 0,3 μm . No obstante, existen virus de un tamaño superior, hasta 1,0 μm (pandoravirus y megavirus). Por esta razón, su estructura, solo pueden ser observados empleando microscopía electrónica, a diferencia



Fig. 2. Las chinches actúan como hospedadores intermediarios transmitiendo enfermedades producidas por rickettsias. Imagen extraída de: <https://www.unotv.com/estados/sonora/alertan-por-rickettsia-en-sonora/>

del resto de los microorganismos. Todos son parásitos obligados, carecen de metabolismo propio y solo pueden reproducirse en el interior de las células huésped. A diferencia de las rickettsias, que parasitan exclusivamente células animales, los virus pueden también tener como hospedador a células vegetales y bacterias. Son responsables de enfermedades muy graves en humanos, animales y las plantas, no existiendo tratamiento eficaz para muchas de ellas, existiendo únicamente tratamientos paliativos para sus efectos. En muchos casos, las terapias empleadas para combatir las infecciones víricas implican el uso de inmunoterapia o una profilaxis con vacunaciones preventivas. Entre las enfermedades producidas por virus que podrían ser empleadas en un posible ataque biológico se encontrarían: el dengue hemorrágico, la viruela humana, la viruela del mono, la fiebre amarilla, la encefalitis estival rusa, la encefalitis equina venezolana, el chikunya o la fiebre del Rift entre otras.

Los hongos microscópicos son microorganismos eucariotas, uni o pluricelulares. Se pueden clasificar de forma general en levaduras (unicelulares) u hongos filamentosos propiamente dichos (pluricelulares). Con un tamaño mucho mayor que las bacterias (de 3 a 50 μm de longitud). Su nivel de patogenicidad es inferior al de las bacterias y los virus. Además de algunas especies del género *Aspergillus*, que pueden causar enfermedades de tipo respiratorio severo, y otras especies (*Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*) productoras de micotoxinas (aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina A, patulina, tricotecenos, zearalenona...), de interés en alimentación, en los últimos años se ha observado que algunos hongos filamentosos del grupo de los hongos claros o hialohifomicetos, dematiáceos u oscuros, agentes de la mucormicosis y *Pneumocystis jirovecii* son en general hongos oportunistas emergentes que producen infección

diseminada en pacientes con inmunodepresión severa (Fariñas et al., 2012), no obstante, estos microorganismos resultan muy complicados de producir de forma masiva y su nivel de patogenicidad y virulencia es muy limitado, resultando difícil su uso como agentes biológicos con potencial bélico.

Los Protistas, son un grupo muy heterogéneo de microorganismos eucariotas, uni o pluricelulares, pueden tener pigmentos clorofílicos o no. Son capaces de desarrollarse en el agua, el suelo, las plantas, los animales o el ser humano. Tienen una estructura mucho más compleja que los microorganismos descritos anteriormente. Su tamaño oscila entre 1 a 100µm. Pueden ser sésiles o móviles por el desarrollo de estructuras especializadas (cilios, flagelos o pseudópodos). Algunos producen enfermedades en el ser humano como la malaria (paludismo), las tripanosomiasis, la toxoplasmosis y las disenterías amebianas y distintas amebiasis.

Las toxinas (biológicas), son compuestos químicos de naturaleza proteica o no, con capacidad antigénica y con diverso origen (microbiana, vegetal o animal), tienen efectos tóxicos o venenosos para las células o los tejidos de las células diana. Las toxinas microbianas son producidas por bacterias, rickettsias y hongos filamentosos. Las toxinas microbianas pueden clasificarse en exotoxinas y endotoxinas. Algunas toxinas pueden formar parte de la estructura de las bacterias que las producen, concretamente de su pared celular, son las endotoxinas. Un ejemplo es el lipopolisacárido de la membrana externa de la pared celular de las bacterias Gram negativas (fig. 3). Sin necesidad de que la bacteria productora la libere al medio va a desarrollar su efecto tóxico. En otras ocasiones la lisis de las bacte-

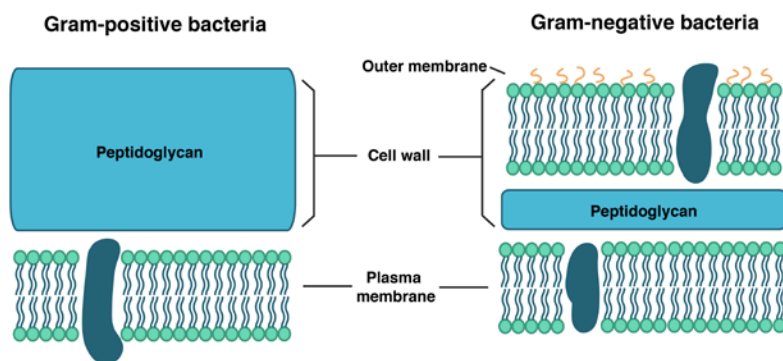


Fig. 3. Lipopolisacárido de la membrana externa de la pared de las bacterias Gram negativas. Imagen extraída de: <https://avinews.com/endotoxinas-en-avicultura-comercial/>

rias que lo tienen, produce su liberación masiva a los tejidos a los que infectan ocasionando sus efectos, entre los que se encuentran: incremento de la inflamación (por estimulación de la producción de citoquinas), fiebre, necrosis celular y hemorragias.

Las exotoxinas, son moléculas que se liberan al medio por el microorganismo productor. Todas son de naturaleza proteica. A diferencia de las endotoxinas, que tienen un amplio espectro de acción y células diana, en el caso de las exotoxinas actúan sobre células específicas como las nerviosas. No son termoestables (no soportan la ebullición) como las endotoxinas. Al tener una actividad muy específica, generan síntesis de anticuerpos produciendo una alta toxicidad. Entre las exotoxinas microbianas más potentes se encuentran las toxinas producidas por *Clostridium botulinum* (7 toxinas)², la toxina producida por *Clostridium perfringens*, el complejo toxigénico de *Bacillus anthracis* (toxina letal: factor letal + antígeno protector y la toxina edematógena: antígeno protector + factor de edema)³, (Pavan *et al.*, 2011), la enterotoxina B de *Staphylococcus aureus* (Alarcon-Lavin *et al.*, 2017) y las producidas por *Escherichia coli* (toxina Shiga o Vero) (Takeda y Kurazono, 1993).

Los vegetales, los organismos más extendidos en la naturaleza, por sus características metabólicas son capaces de producir multitud de productos químicos (muchos de los cuales son empleados como medicamentos). Las toxinas vegetales se pueden agrupar en seis tipos, en función de su composición química (alcaloides, glucósidos, fitotoxinas, oxalatos, resinoides y biocinógenos). Muchos de ellos provienen del metabolismo secundario de las plantas, muchos de ellos tienen propiedades que les hacen ser útiles para la producción de medicamentos, aunque su utilización en concentraciones superiores a las terapéuticas les hace potencialmente peligrosos. Entre ellos se encuentran alcaloides como la aconitina, la atropina, la codeína, la colchicina, la ergotamina, la escopolamina, la mescalina, la morfina, la quinina, compuestos azufrados como la amigdalina, la durrina o al prunasina, que en su descomposición liberan ácido cianhídrico, (Henning, 2013: 50-70) o proteínas tóxicas como la ricina (Arango, 2013: 213). De todas ellas, la ricina es la toxina vegetal más potente y empleada

² Bush, L. M. y Vázquez Pertejo, M. T. (2021). Botulismo. Enfermedades Infecciosas. *Manual MSD versión para profesionales*. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-es/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-anaerobias/botulismo#top>

³ Carmona, M. y Domínguez de la Calle, M. (2001). *Bacillus anthracis* como agresivo. P. 6+493-631. Disponible en: https://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=6027592

en ataques biológicos. Se trata de una toxina que se extrae del arbusto del ricino (*Ricinus comunis*), concretamente de las variedades gibsonii y zanzibariensis. El ricino es una planta originaria de Etiopia, pero que se ha extendido por todo el mundo. Sus semillas son tóxicas, y de ellas se extrae una toxina, la ricina, es una fitotoxina con actividad citotóxica. Se obtiene como un subproducto en el proceso de producción del aceite de la semilla (aceite de ricino) por extracción con disolventes orgánicos. La ricina desde la antigüedad se ha utilizado como un producto tóxico de forma intencionada. La cantidad de toxina letal por inhalación es de tan solo 1.0 mg/kg de peso y de 1 a 10 µg/kg de peso cuando es inyectada (Crompton, 1980). Cuando penetra en el organismo, por inhalación, produce fiebre, problemas respiratorios y edema pulmonar, cuando es ingerida ocasiona somnolencia, náuseas, vómitos, gastroenteritis hemorrágica, fallo renal y hepático, hemólisis, y fallo multiorgánico. La muerte sobreviene en tan solo 36 a 48 h que en caso de inhalación se produce por fallo cardiorespiratorio. Actualmente existe un antídoto que protege frente a la toxina, desarrollado por un laboratorio británico si se administra durante las 24 primeras horas de la exposición (Fernández *et al.*, 1996).

Entre las toxinas producidas por animales se encuentra la tetrodotoxina, responsable del mayor número de muertes accidentales al año. Producida por el pez globo, de la familia *Tetraodontidae*. Se trata de una perhidroquinazolina, con una masa molecular de 319 D. Su mecanismo de acción consiste en bloquear la transmisión nerviosa mediante un bloqueo selectivo de los canales de sodio responsables de conducir el potencial de acción. También a elevadas concentraciones inhiben la producción de acetilcolina. Su DL50 es de 8,0 µg/kg por vía endovenosa, en torno a los 2,0µg/kg por inhalación y de 30,0/kg por ingestión. La muerte normalmente sobreviene por ingestión a las pocas horas. No existe antídoto, únicamente se procede realizando un lavado gástrico y aplicando soporte vital al intoxicado (Field-Cortazares, 2009).

2. Factores que determinan la peligrosidad de los agentes biológicos

Existen una serie de factores que condicionan que un agente biológico (microorganismo o toxina) pueda ser considerado como un potencial arma y puedan ser determinantes para su elección. Estos factores son intrínsecos al propio agente, como son su grado

de patogenicidad, nivel de infectividad, virulencia y/o toxicidad, periodo de incubación y de latencia o su forma de transmisibilidad: bien de forma directa (persona a persona o a través de un objeto o polvo contaminado) o indirecta: cuando se realiza a través de vehículos de transmisión (ropas o utensilios), a través de un vector (por transmisión mecánica, por contacto o por transmisión biológica, por saliva o picadura), por medio del aire a través de gotas o partículas que generen aerosoles en las que se puedan incluir los microorganismos o las toxinas.

En cuanto a los factores extrínsecos o independientes al agente se incluyen las condiciones medioambientales que condicionan la viabilidad y la supervivencia del agente a la hora de su emisión (viento, humedad, temperatura, luminosidad, vías de entrada posibles: inhalación, ingestión, entrada por vía dérmica, empleo de agentes biológicos o no biológicos, su posible inclusión en armas convencionales, fumigación, drones, etc.), el acceso a tratamientos por parte de la población, la posibilidad de vacunación, el grado de preparación del sistema sanitario, la posibilidad de obtención del agente biológico a partir de fuentes naturales o no controladas, y la más importante, la capacidad de ser producido a gran escala.

Por lo tanto, la selección de un agente biológico con fines agresivos estará basada en la elección de las mejores condiciones anteriormente expuestas que presenten cada uno de los microorganismos o toxinas, es decir, aquellas que produzcan un daño más elevado sobre la población diana⁴.

Diferentes organizaciones e instituciones nacionales e internacionales han elaborado una lista donde se establecen las categorías de peligrosidad de los agentes biológicos. La clasificación según el CDC (Centers for Disease Control and Prevention) de Atlanta clasifica a los agentes biológicos en tres categorías según el riesgo que plantean para la seguridad de los Estados Unidos. Las categorías son A, B y C en función de la importancia del riesgo. Esta clasificación se ha hecho también aplicando otros criterios como la vía de entrada del agente al organismo y el impacto que supone para la salud pública. La vía de diseminación y la tasa de morbilidad y mortalidad.

Esta clasificación, agrupa además a los agentes biológicos en función de su posible uso contra la población civil.

⁴ Monografías del SOPT. *Detección e identificación de agentes de guerra biológica. Estado del arte y tendencia futura*. Ministerio de Defensa, Dirección General de Relaciones Institucionales. Pp. 34-35. NIPO: 076-10-229-x (edición en línea).

La categoría A incluye a los agentes considerados de mayor riesgo debido a su fácil diseminación (sobre todo debido al contagio persona a persona), su elevada mortalidad y el alto impacto que supone para la sociedad, el pánico y la disrupción social que puede suponer un ataque con este tipo de agentes.

La categoría B incluye a agentes con una diseminación moderadamente fácil, morbilidad media y una mortalidad baja.

La categoría C está constituida por patógenos emergentes, que podrían ser utilizados para su diseminación en el futuro debido a que son relativamente fáciles de obtener a partir de fuentes no controladas, pueden ser producidos y diseminados fácilmente, y poseen un muy alto potencial de morbilidad y mortalidad, con un gran impacto socio sanitario (tabla 1).

Categoría A	Categoría B	Categoría C
<i>Bacillus anthracis</i> <i>Yersinia pestis</i> <i>Francisella tularensis</i>	<i>Brucella species</i> <i>Burkholderia pseudomallei</i> <i>Chlamydia psittaci</i> <i>Salmonella spp</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis multirresistente</i>
Variola major Filovirus: Ebola y Marburg Adenovirus: Lassa, Junin y Machupo	<i>Escherichia coli</i> O157-H7 <i>Shigella dysenteriae</i> <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Coxiella burnetii</i> <i>Rickettsia prowazekii</i>	Virus Nipah Hantavirus
Toxina de <i>Clostridium botulinum</i>	Alphavirus: Encefalitis Equina Venezolana, Encefalitis Equina del Este, Encefalitis Equina del Oeste Toxina del <i>Ricinus communis</i> Enterotoxina B estafilocócica T-2 Micotoxina Toxina Epsilon de <i>Clostridium perfringens</i>	Fiebre amarilla

Tabla 1. Clasificación del CDC (*Center for Diseases Control*) de los agentes biológicos. Adaptado de <http://emergency.cdc.gov/agentlist-category.asp>.

En España se aplica otro sistema de clasificación de los agentes biológicos, que aparece indicado en el R.D. 664/1997, de 12 de mayo, donde establece que los agentes biológicos pueden clasifi-

carse en función del riesgo de infección en cuatro grupos. En este caso, el grado de agresividad del agente se categoriza en orden inverso al número ordinal del mismo. Así, los agentes biológicos se clasifican en 1, 2, 3 y 4.

La categoría 1 engloban a agentes biológicos que difícilmente pueden causar enfermedades para el ser humano, plantas y los animales.

La categoría 2 incorpora agentes biológicos patógenos, que pueden causar enfermedades para el ser humano, animales y plantas, pero que difícilmente se pueden propagar a la colectividad. Existe profilaxis y tratamientos eficaces para los mismos.

En la categoría 3 se incluyen agentes capaces de causar enfermedades graves en los humanos, animales y plantas, con riesgo a que se propague a la colectividad. Existe profilaxis o tratamientos eficaces.

Por último, *la categoría 4* engloba a agentes biológicos patógenos, que causan graves enfermedades para los seres humanos, animales y plantas. Existiendo una muy alta probabilidad de que se propague a la colectividad. No existe tratamiento ni profilaxis eficaz (tabla 2).

Grupos de Riesgo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Nivel de Seguridad	BSL 1	BSL 2	BSL 3	BSL 4
Bacterias	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Xylophilus ampe- nilus</i>	<i>Escherichia coli</i> <i>Streptococcus</i> <i>suis</i>	<i>Mycobacterium</i> <i>tuberculosis</i> <i>Yersinia pestis</i>	
Virus	Virus del Mosaico del Tabaco Bacteriófagos	Virus Eps- tein-Barr Coronaviridae	Virus de la inmu- nodeficiencia Hu- mana Virus de la Fiebre Amarilla	Virus Ébola Virus de la Viruela
Hongos	<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> <i>Penicilium roque- forti</i>	<i>Aspergillus fu- migatus</i> <i>Candida albicans</i>	<i>Histoplasma cap- sulatum</i> <i>Paracoccidioides</i> <i>brasiliensis</i>	
Parásitos	<i>Ditylenchus dipsaci</i> <i>Tylenchulus semi- penetrans</i>	<i>Trichinella spi- ralis</i> <i>Toxocara canis</i>	<i>Echinococcus gra- nulosis</i> <i>Taenia solium</i>	

Tabla 2. Ejemplo de la relación entre los grupos de riesgo de los agentes biológicos establecidos por la OMS y los niveles de seguridad biológicos de laboratorios y animalarios. Adaptado de BIOSlab <https://www.visavet.es/es/bioslab/niveles-de-bioseguridad.php>

3. Factores que determinan el crecimiento, la producción y la identificación de agentes biológicos como posibles armas

Existe una amplia variedad de factores que pueden afectar al desarrollo y el crecimiento de los microorganismos cuando se quieren producir a gran escala, como la resistencia a la humedad, las propias características del medio de cultivo (natural o de laboratorio) donde se cultiven, la tensión de oxígeno en la que es capaz de crecer (aerobiosis, microaerobiosis o anaerobiosis), la actividad de agua (a_w) a la que es capaz de desarrollarse. Este factor es de vital importancia pues condiciona la resistencia a la deshidratación del agente. La temperatura de estabilidad en el caso de los agentes biológicos empleados en un posible ataque es también un factor limitante, deben tratarse mayoritariamente de agentes mesófilos (capaces de desarrollarse en un intervalo de temperaturas entre 20 a 37°C), aunque de cara a la creación de un nuevo agente biológico, se podrían desarrollar mediante adaptación, agentes con un mayor espectro de temperaturas de crecimiento. Otros factores a tener en cuenta son la capacidad de adaptación frente a la luz ultravioleta (adaptación y mutaciones), los cambios de presión y los campos electromagnéticos.

Ante la posible utilización de un agente biológico en un área geográfica concreta y sus posibles efectos, el primer planteamiento que se debe considerar es si se trata de un proceso de tipo natural o un ataque propiamente dicho. La identificación causal de este tipo de sucesos, en general no es sencilla, habrá que identificar el agente causal y comprobar si las patologías emergentes se relacionan con el agente. Si se trata de un agente que se desarrolle de forma natural en zonas tropicales, si aparece en zonas urbanas de países no tropicales, cabría suponer que se puede tratar de un ataque biológico, aunque si la presencia del agente se produce en una zona donde una enfermedad es endémica, la pregunta que surge a continuación es: ¿se trata de un ataque biológico o de una epidemia?

Para resolver esta pregunta, existe una serie de «indicadores de ataque» que permiten diferenciar un ataque biológico intencionado de la epidemia.

Los indicadores más importantes de un ataque biológico son:

- **Una curva epidémica corta:** los procesos epidémicos tienen un periodo de desarrollo que depende del agente y siguen

un proceso temporal concreto. Cuando este proceso se acelera de forma inexplicable, y un proceso epidémico que puede durar semanas se reduce a pocos días u horas es de sospechar que se debe a un ataque biológico.

- **El incremento de la mortalidad y la morbilidad:** en los procesos epidémicos producidos por agentes biológicos conocidos se conoce perfectamente la tasa de mortalidad y morbilidad. Una modificación significativa de estos valores sería un indicador claro de un ataque biológico.
- **La presencia de vectores extraños al entorno:** la aparición de insectos atípicos en una zona geográfica, asociados a una enfermedad determinada podría ser un indicador claro de que han empleado un ataque biológico.
- **La aparición de síntomas poco frecuentes de una enfermedad conocida:** la aparición de síntomas atípicos en una enfermedad producida por un agente conocido, podría ser un indicador de que ese agente ha mutado de forma natural o ha sido modificado genéticamente para incrementar su virulencia.
- **La aparición en diferentes lugares de enfermedades poco frecuentes:** un incremento en la aparición de casos de enfermedades raras en distintas zonas geográficas podría indicar el lanzamiento de agentes biológicos sobre las zonas.

4. Criterios para la elección de un agente biológico como arma

La elección de un agente biológico como arma va a venir determinada por una serie de factores que tengan como finalidad conseguir una máxima eficacia en el ataque, con un menor gasto económico en su producción, un menor peligro en su manipulación y que produzca pocos efectos secundarios para quien ha planteado el ataque.

Entre los distintos factores que van a condicionar la selección de un agente frente a otro se encuentran:

1. Las ventajas de su empleo.
2. Los inconvenientes de su utilización.

3. Capacidad para determinar cuáles van a ser los lugares idóneos para su empleo.
4. Qué propiedades tiene el agente biológico.

4.1. Las ventajas de su empleo

Un agente biológico tiene que presentar una elevada capacidad incapacitante, ser capaz de producir una alta morbilidad o mortalidad empleando una muy baja cantidad del agente. También, debe tener una elevada tasa de crecimiento empleando medios de cultivo y condiciones de producción que no requieran unos elevados gastos ni requieran el empleo de tecnologías complejas. Debe ser de difícil detección o en su defecto, que pueda ser confundido con otro agente no patógeno. No debe producir daños materiales, o en su caso, producirlos sobre personas, animales o plantas. (Otero, 2013). La aparición de la enfermedad originada por el agente, debe generar confusión social, económica y sanitaria, todo ello, debe ocasionar un impacto negativo en las personas originando brotes de ansiedad e inseguridad ante la situación de un posible ataque con un agente potencialmente desconocido.

4.2. Inconvenientes de su utilización

Teniendo en cuenta que la dispersión de los agentes biológicos depende de factores físicos y medioambientales de difícil control, como las variaciones en la temperatura ambiental, irradiación solar, humedad, presión, etc., estos pueden condicionar la eficacia del ataque. De la misma forma, cuando se emplea un agente con capacidad persistente (desarrollo de esporas de resistencia y/o capacidad de multiplicarse en el medio ambiente) se dificulta en sobremanera su control así como el tiempo de actividad del mismo, dificultando temporalmente la habitabilidad de la zona afectada. En muchas ocasiones, la dispersión de agentes biológicos de forma intencionada en la naturaleza dificulta la posibilidad de establecer el tiempo de incubación o el periodo de latencia de la enfermedad a desarrollar, por todas estas razones, resulta indispensable realizar estudios de campo así como establecer modelos predictivos que permitan determinar niveles elevados de fiabilidad a la hora de realizar una acción empleando agentes biológicos (Cieslak, 2018). Por estas razones, el empleo de agentes bio-

lógicos, con independencia de su prohibición por las convenciones internacionales, produce un amplio rechazo social.

4.3. Capacidad para determinar cuáles van a ser los lugares idóneos para su utilización

Inicialmente, el empleo de agentes biológicos con fines bélicos se debe restringir a zonas pequeñas, tanto abiertas como cerradas. Un ataque masivo a gran escala sobre una superficie amplia con elevada población empleando agentes biológicos implicaría una pérdida del control de los mismos, haciendo que el efecto pueda revertir sobre el atacante. Por ello, lo ideal es centrar el ataque en lugares de escasa amplitud, con ventilación centralizada y de escasa o difícil ventilación (en el caso de utilizar un agente de dispersión aérea) (NATO, 2003). Los lugares ideales de diseminación serían aquellos que dispusieran de un gran trasiego de personas en un corto periodo de tiempo como aeropuertos, estaciones, transportes subterráneos como metro o trenes, grandes superficies comerciales o centros de ocio, estadios de deportes, centros de mando militar o cuarteles que reúnan las condiciones de ventilación anteriormente indicadas.

4.4. Qué propiedades tiene el agente biológico

Entre las propiedades que debe tener un agente biológico con uso bélico, debería encontrarse su utilización de forma previa como arma, que resulte difícil de detectar, que cause una alta mortalidad y morbilidad, con una elevada capacidad de transmisión (generalmente por transmisión aérea), que tenga grandes efectos con una baja cantidad de agente y, por último, que sea resistente a factores ambientales.

En resumen, la combinación de todos los factores anteriores, van a constituir los criterios de empleo de los agentes biológicos ideales para emplearse como armas. De forma resumida, estos son:

- Descripción previa del agente biológico como arma.
- Capacidad de originar enormes trastornos socioeconómicos y sanitarios, obligando a emplear grandes recursos para paliar el efecto del ataque.

- Ausencia de equipos de protección (EPIS) individuales y colectivos para toda la población.
- Ausencia de inmunoprofilaxis.
- Altos niveles de mortalidad y/o morbilidad y letalidad.
- Precisar una muy baja dosis infectiva.
- Poseer una alta capacidad de transmisibilidad.
- Poder producirse de una forma sencilla, barata y de fácil diseminación.
- Tener una alta estabilidad durante el proceso de producción y frente a factores medioambientales.
- Tener un pequeño periodo de incubación.
- Causar, por su semejanza con otros patógenos una gran dificultad en su identificación y diagnóstico inicial (Rodríguez-Villasante, 2006).

En el año 1997, el Ejército norteamericano elaboró una lista con los 10 agentes que podrían ser empleados de la forma más probable en un ataque biológico, que posteriormente se ampliaron a 12, los conocidos como «12 agentes sucios». En estos agentes, una inmunización profiláctica acompañado de un diagnóstico rápido y un tratamiento posterior puede tener un gran impacto en el resultado de un posible ataque (tabla 3).

N.º	Agente	Enfermedad	Dosis infectiva en aerosol	Disponibilidad de vacuna	Terapia efectiva
1	<i>Bacillus anthracis</i>	Carbunco/anthrax	8.000-50.000 esp.	Sí	Antibióticos
2	<i>Yersinia pestis</i>	Peste (plaga)	100-500 células	Sí	Antibióticos
3	<i>Francisella tularensis</i>	Tularemia	10-50 células	En investigación	Antibióticos
4	<i>Brucella suis</i>	Brucelosis	10.000 células	Sí/ganado	Antibióticos
5	<i>Coxiella burnetii</i>	Fiebre Q	1-10 células	No	Antibióticos
6	<i>Burkholderia mallei</i>	Muerto	10-1000 células	No/suero protéico	Antibióticos
7	<i>Variola virus</i>	Viruela	10-100 viriones	Sí	Antivirales
8	VEE-Virus	E. E. Venezolana	10-100 viriones	En investigación	No
9	Virus hemorrágicos	Ébola/Malburg	1 a 10 viriones	En investigación	Ribovirina Inmunoglobulinas
10	<i>Clostridium botulinum</i>	Intoxicación	0,001µg/kg	No	Suero polivalente
11	Ricina	Intoxicación	7-14 µg/kg	No	No
12	Enterotoxina B estafilocócica	Intoxicación	1,7 µg Toxina letal	No	No

Tabla 3. Agentes empelados en un posible ataque con armas biológicas (12 agentes sucios)

Algunas de las clasificaciones empleadas en el uso de agentes biológicos, no tienen en cuenta factores que un grupo terrorista podría evaluar de cara a su posible elección. Pappas en 2009, modificada por Cieslak en 2018 establece una tabla en la que se valoran cuantitativamente factores relacionados con el patógeno y factores de tiempo y lugar de ataque. Con los parámetros presentes en la tabla, se puede establecer una puntuación, estableciendo una escala de riesgos de los agentes (tabla 4).

Factores relacionados con el patógeno	Factores de tiempo y lugar del ataque
Facilidad de Uso: ▪ Disponibilidad (0 -3) ▪ Facilidad de "armonización" (0-3) ▪ Capacidad de dispersión (0-3) Inóculo usado	Parámetros geográficos: ▪ Facilidad de dispersión ▪ Redes de transporte
Virulencia (0-2)	Población diana
Mortalidad (0-4)	Disponibilidad de instalaciones para el tratamiento
Transmisión persona a persona (0,2 o 5)	Laboratorios locales
Periodo de inoculación (-1 a 1)	Incidencia local del agente
Cuadro clínico discreto (0-2)	Conciencia del problema
Facilidad de diagnóstico en laboratorio (0-1)	Definición de jerarquía
Disponibilidad de opciones de tratamiento (0,2 o 5)	Existencia de criterios sobre... ▪ Manejo de disputas médicas ▪ Papel de los medios de comunicación
Efectos ambientales y sobre animales (0-1)	Interacción
Cronicidad de la enfermedad (0-1)	
Percepción pública del patógeno (1,2)	

Tabla 4. Factores que pueden condicionar el uso de un agente biológico por un grupo terrorista. Adaptado de Pappas (2009)

un grupo terrorista. Adaptado de Pappas (2009) Como conclusiones más importantes podríamos destacar:

- Los agentes biológicos pueden resultar atractivos en la actualidad para ser empleados en actos de ataques gubernamentales o terroristas.

- No todos los agentes biológicos son idóneos para su diseminación, por lo que el número de estos se reduce drásticamente a un número relativamente pequeño.
- Las características del fenómeno de la globalización, en el que hay un importante flujo de personas y mercancías favorece la diseminación de los agentes biológicos. Así mismo, la literatura científica se difunde con gran facilidad el aislamiento, la manipulación y el crecimiento de los agentes biológicos con unos medios técnicos y económicos muy reducidos.
- En muchas ocasiones es posible utilizar un agente biológico endémico de una zona geográfica donde se estén realizando operaciones militares para producir un ataque y que este se confunda con un brote natural de alguna enfermedad.
- La evolución de los fenómenos relacionados con el cambio climático (elevación de las temperaturas, lluvias intensas y grandes periodos de sequía) puede hacer que determinadas regiones del planeta se conviertan en zonas idóneas para la aparición y el desarrollo de algunos agentes biológicos que pueden generar determinadas enfermedades y que podrían ser introducidas en la población mediante un acto hostil, como el paludismo, las disenterías amebianas, el cólera, etc.

5. Bibliografía

- Alarcón-Lavín, M. P., et al. (2017). Portación de *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico tipo A, en frotis nasofaríngeos en manipuladores de alimentos. *Rev Med Chile*. 145: 1559-1564.
- Arango, M. C. (2013). Intervención de los compuestos secundarios en las interacciones biológicas. En: Jorge Ringuelet, J. y Viña, S. (coords.). *Productos naturales vegetales*. Ed. De la Universidad de la Plata. P. 213.
- Cieslak, T. J., et al. (2018). Beyond the Dirty Dozen: A Proposed Methodology for Assessing Future Bioweapon Threats. *MILITARY MEDICINE*. 183, 1/2:e59.
- Crompton, R. y Gall, D. (1980). Georgi Markov – death in a pellet. *Med Leg J*. 48: 51-62.
- Fariñas, C.; Fernández-Sampedro, M. y Armiñanzas, C. (2012). Formas clínicas y tratamiento de las infecciones causadas por otros hongos filamentosos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Vol. 30, pp. 414-419.

- Fernández, M., et al. (1996). Intoxicación por semillas de ricino. *Revista atención primaria (Elsevier)*. Vol. 18, n.º 4, p. 203.
- Field-Cortazares, J.; Calderón-Campos, R. y Seijo y Moreno, J. L. (2009). Envenenamiento por pez globo. *Bol Clin Hosp Infant Edo Son*. 26(1): 28-32.
- Henning, C. P. (2013). Compuestos secundarios nitrogenados: alcaloides. En: Jorge Ringuelet, J. y Viña, S. (coords.). *Productos naturales vegetales*. Ed. De la Universidad de la Plata. Pp. 57-58 y 70.
- Lacy, D. B., et al. (1998). Crystal structure of botulinum neurotoxin type A and implications for toxicity. *Nat.Struct.Biol*. 5: 898-902. PMID 9783750.
- NATO. (2003). Handbook on the Medical aspects of NBC defensive operations, amedp- 6(c). Part II, biological. C. 1, «Epidemiology», Section 2-3 y 4.
- Otero Solana, V. (2003). Los agentes biológicos, la amenaza biológica y el derecho internacional humanitario. *Revista española de derecho militar*. Vol. 81, pp. 61-106. ISSN 0034-9399.
- Pappas, G. (2009). Psychosocial consequences of infectious diseases. *Clinical Microbiology and Infection*. 15: 243-247.
- Pavan, M. E., et al. 2011. *Bacillus anthracis*: una mirada molecular a un patógeno célebre. *Revista Argentina de Microbiología*. 43:294-310.
- Rodríguez-Villasante y Prieto, J. L. (2006). *El derecho internacional humanitario ante los retos de los conflictos armados actuales*. Marcial Pons Ed. Pp. 89-132. ISBN 84-9768-293-9.
- Takeda, Y.; Kurazono, H. y Yamasaki, S. (1993). Vero Toxins (Shiga Like Toxins) Produced by Enterohemorrhagic *E. coli* (Verocitotoxin-Producing *E. coli*). *Microbiol Inmunol*. 37(8): 591-599.

Capítulo tercero

Los programas de guerra biológica en la era de la biotecnología

José Ignacio Castro Torres

Resumen

La posibilidad de la existencia de programas de armamento biológico sigue vigente, aunque con matices evolutivos que los adaptan a las nuevas situaciones de los conflictos. Las nuevas condiciones de empleo de agentes biológicos pueden abarcar no solo los escenarios de conflicto abierto, sino también un marco indefinido previo al enfrentamiento que se podría denominar zona gris. Igualmente la atribución de un incidente de estas características podría quedar oculta mediante la utilización de vectores en un entorno de guerra híbrida. Los avances en biotecnología hacen más factible el diseño de nuevos agentes biológicos, incrementado su rendimiento, aumentando el número de especies susceptibles o creando quimeras. Otras facetas en este entorno pasarían por la mejora de las capacidades de los individuos para el combate o la creación de biomateriales de aplicación en la industria militar. Todo ello lleva a que, junto a los tradicionales ámbitos de las operaciones militares, haya que prever la incorporación del ámbito biotecnológico en un futuro próximo.

Palabras clave

Programa biológico, biotecnología, edición genética, zona gris, guerra híbrida.

Biological warfare programs in the age of biotechnology

Abstract

Existence of possibilities related to biological weapons programmes remains valid, although with evolutionary nuances which adapt them to new armed conflicts situations. Incoming conditions for the use of biological agents may encompass not only open conflict scenarios, but also an ambiguous pre-conflict framework that might be denominated as grey zone. In the same way, attribution of an incident could be concealed by the use of vectors in a hybrid warfare environment. Advances in biotechnology make more feasible new bioweapons design, increase their yield, augment the number of susceptible species or creating chimeras. Other features of this environment would include capabilities for individual's improvement for combat or biomaterials design for military industry application. This means that, alongside the traditional domains of military operations, it is necessary to envisage the incorporation of biotechnology in the near future.

Keywords

Biological program, biotechnology, genetic edition, grey zone, hybrid warfare.

1. Introducción

La guerra biológica ha sido una constante a tener en cuenta desde los tiempos más ancestrales hasta la actualidad. Sin embargo existen hoy en día determinadas limitaciones que hacen que sea prácticamente imposible declarar la existencia de un programa biológico ofensivo por parte de un organismo estatal, sin que las consecuencias que este recibiera no tuvieran connotaciones desproporcionadas en comparación con los benéficos de dicho programa.

Las nuevas modalidades de los conflictos hacen, sin embargo, posible la existencia y utilización de este tipo de agentes de un modo relativamente encubierto, sin que sea fácil la atribución de un ataque ni poder demostrar su existencia, debido a la posibilidad de confundirlo con la aparición de un brote de origen natural.

Este entorno se hace especialmente apto para acciones de este tipo en la llamada «zona gris», en la que existe un enfrentamiento entre actores antagonistas sin haber todavía llegado a un tipo de abierta hostilidad. De la mano del concepto de zona gris viene el de «guerra híbrida», en el que junto a acciones de tipo convencional se pueden llevar a cabo otras muchas, bien encubiertas o bien por delegación a través de organizaciones, grupos o individuos.

La evolución conceptual del conflicto ha venido acompañada de una revolución tecnológica en el ámbito de la biología, en la que el mundo se encuentra plenamente inmerso. De este modo, frente a la tradicional obtención y producción de agentes biológicos, están discurriendo en paralelo una serie de avances que permiten la edición genética de este tipo de agentes hasta poder transformarlos en armas a bajos costes y relativamente poca dificultad.

Estos agentes pueden obtenerse con unas características diferentes a los naturales, que les permitirían nuevas funciones para las que anteriormente no estaban capacitados. Estas innovaciones pueden llegar hasta la selección de los objetivos sobre los que se quiere actuar, si se conocen las características genéticas poblacionales de las posibles víctimas. Igualmente las nuevas técnicas de edición genética podrían ser utilizadas en beneficio de una fuerza agresora, si se dotase a esta de una serie de capacidades que la permitiesen ser biológicamente más adecuada que sus adversarios. Todo ello hace pensar que frente a los clásicos dominios de las operaciones militares como el terrestre, marítimo,

aeroespacial, ciberespacial y cognitivo, se podría añadir uno nuevo con la denominación de biotecnológico.

Para poder llevar a cabo un programa completo de las características que requieren los nuevos conceptos de la biotecnología aplicada a las operaciones militares se necesita contar con una serie de requerimientos, divididos en fases, que conduzcan finalmente a la obtención de la capacidad operativa de un programa de guerra biológica. Las diferentes etapas teóricas que este tipo de programas contemplan no tienen por qué ser totalmente completadas ni desarrolladas, pudiendo de este modo un Estado proliferante encontrarse en una situación de capacidad latente, a la espera de desarrollar un programa más detallado y adaptado a sus necesidades operativas.

Sobre la base de las consideraciones teóricas anteriores se deberían tener en cuenta los principales conflictos actuales entre actores estatales, estén dichos conflictos manifiestamente declarados o en fase de latencia. Esto podría llegar a mostrar que existe una correlación entre los nuevos planteamientos de los conflictos armados, los avances en el ámbito de la biotecnología, la aplicación de esta al ámbito de las capacidades biológicas ofensivas y las intenciones de algunos Estados de poseer programas armamentísticos de tipo biológico que les concedan la superioridad.

2. El paso de la zona gris a la guerra híbrida: el interés por las armas biológicas

A lo largo de la historia los efectos causados por las enfermedades durante los conflictos ha sido muchas veces mayor que los ocasionados como consecuencia de los combates. Aunque el empleo de este tipo de agentes ha causado animadversión, las múltiples ocasiones en que han existido programas de este tipo pueden indicar que se podrían reproducir nuevos episodios de estas características.

Debido a que cantidades muy reducidas de microorganismos podrían ocasionar la infección en su huésped y su extensión podría abarcar grandes áreas afectando a seres humanos, animales o cosechas, los agentes biológicos podrían utilizarse como un arma muy apetecible para destruir las capacidades militares y el potencial de un posible enemigo. Además, aunque existen técnicas de detección e identificación de este tipo de ataques, los dispositivos que las realizan podrían pasarlo por alto por limita-

ciones tecnológicas. En dichos casos la detección corresponderá a la cadena asistencial, una vez se haya producido y posiblemente extendido un brote epidemiológico.

La producción de armas biológicas puede ser muy atractiva para determinados países que no pueden ejercer una gran amenaza con otro tipo de medios, o que no quieren buscar un enfrentamiento directo en determinadas fases de un conflicto, principalmente cuando las hostilidades abiertas no han sido todavía declaradas. Esta atracción se debe, entre otros, a los siguientes factores (International Task Force 23, 2002: 6):

- Los programas de guerra biológica son muy económicos en comparación con programas nucleares o químicos.
- Es relativamente sencillo hacer pasar desapercibida una producción ilícita dentro de una instalación de biotecnología legal. Por ello es difícilmente detectable mediante procedimientos de inteligencia.
- La selección del agente puede ser fácil (desde enfermedades endémicas hasta productos genéticamente desarrollados).
- Determinadas industrias farmacéuticas y agroalimentarias, con una serie de requerimientos, podrían producir en masa agentes biológicos.
- La cantidad de agente biológico necesario para producir efectos devastadores podría ser relativamente pequeña comparada con otro tipo de armamento, especialmente en el caso de microorganismos. Por este motivo los vectores de lanzamiento o diseminación se pueden construir sin acometer graves inconvenientes tecnológicos. Además el coste del vector en relación al peso de su carga útil es muy rentable.
- Las leyes en contra de la proliferación de armas biológicas carecen de mecanismos adecuados de verificación e inspección.
- El empleo de los agentes de guerra biológica puede abarcar el espectro desde el que se deterioran las relaciones pacíficas competitivas hasta el conflicto abierto. Esto implica desde operaciones encubiertas de apoyo al terrorismo hasta ataques económicos de escala estratégica.

Un posible programa biológico ofensivo podría ser empleado de forma encubierta en la denominada zona gris, considerada como una situación en la que no existe una competencia leal entre actores estatales, pero no se han declarado entre ellos las

hostilidades manifiestas. Esta zona de ausencia de paz, pero en la que no se ha llegado a la guerra, se puede considerar idónea para que se produzcan incidentes biológicos de difícil atribución y que podrían aparecer en forma de brotes de enfermedades. Igualmente se podrían utilizar en el marco de campañas de desinformación contra los Estados o alianzas, basadas en su incapacidad para gestionar una crisis de estas características en los ámbitos sanitario, económico, social e incluso ecológico (Kwiat, 2020: 262-265).

En cuanto a la posible aplicación de un programa biológico ofensivo en situaciones de conflicto, la denominada *guerra híbrida* resulta idónea para su empleo por las características intrínsecas de este tipo de hostilidades. Hay que tener en cuenta la definición que el autor de este concepto realiza sobre este, calificándolo como una «gama de diferentes modos de hacer la guerra, incluyendo capacidades convencionales, tácticas y procedimientos irregulares, actos terroristas, incluyendo la violencia indiscriminada, la coerción y el desorden criminal» (Hoffman, 2007: 14).

Aunque este tipo de procedimientos no resulta novedoso, en el pasado se había llevado a cabo por actores diferenciados o en escenarios separados. Sin embargo, con el apoyo de los medios tecnológicos actuales, todas estas acciones podrían encontrarse sincronizadas en tiempo, espacio y propósito consiguiendo un efecto devastador, imprimiendo un tempo sobre un posible actor hostil que interrumpiese su ciclo de planeamiento y conducción de las operaciones militares y sus planteamientos estratégicos a los más altos niveles.

No existen evidencias que claramente sean capaces de distinguir un programa de guerra biológica de otro de medidas defensivas, como pueden ser las vacunaciones. Para ambos se necesitan conocimientos parecidos, equipamientos similares e inversiones en investigación y desarrollo semejantes. Aunque la producción masiva podría ser un indicador fiable de posibles intenciones ofensivas, también es cierto que existen numerosas industrias civiles que podrían ocultar esta producción, como podrían ser las plantas farmacéuticas y algunas relacionadas con la alimentación o la biotecnología.

Por ello, cuanto mayor sea el hermetismo de un agente estatal en relación con una determinada instalación, mayores sospechas se producirán sobre su posible uso para la proliferación biológica. Por el contrario, la existencia de medidas de transparencia y fomento

de la confianza alejarán todo tipo de suspicacias. En medio de esta dicotomía surge la necesidad de las industrias, sobre todo farmacéuticas, de proteger sus inversiones y las patentes de los medicamentos que producen. Esta situación hace que sea difícil en muchas ocasiones aceptar un régimen de inspecciones que clarifique determinadas actividades.

3. Las fases de un programa de guerra biológica

Un programa completo de guerra biológica en su totalidad adquiere unos tintes de sofisticación que difícilmente podría ser llevado completamente por un agente no estatal. Este tema y la producción masiva de agentes con fines militares ha sido tratado con profusión en el Cuaderno de Estrategia n.º 153 del Instituto Español de Estudios Estratégicos, titulado *Proliferación de ADM y de tecnología avanzada*.

En el capítulo cuarto de dicho documento su autor, el coronel D. Alberto Cique, hace referencia a los actores estatales en cuanto a la facilidad que pueden tener para ocultar sus intenciones de llevar a cabo un programa de armamento biológico. También describe el autor que existen una serie de hitos necesarios para la consecución de un programa de estas características y que en todos ellos existen una serie de condicionantes tecnológicos difíciles de superar a no ser que se posean los conocimientos, la capacidad de investigación y desarrollo y producción en masa que solo una organización de las características de un Estado podría llegar a proporcionar. Estas capacidades deberían además estar respaldadas por unas dotaciones presupuestarias que las hicieran viables y perdurables a lo largo del tiempo.

Por los motivos anteriores no se pretende duplicar los contenidos recogidos en el documento descrito y se remite al lector a consultar el citado cuaderno de estrategia. No obstante, se considera interesante complementar la información ya disponible con las fases necesarias para llevar a cabo este tipo de programas y realizar una puesta al día de las nuevas técnicas de edición genética, además de añadir la tecnología CRISPR/Cas9, de la que se hará referencia.

Uno de los principales documentos que describen las fases de un programa de guerra biológica fue el titulado *Technologies Underlying Weapons of Mass Destruction*, de la oficina de asesoramiento tecnológico del Congreso estadounidense, que a finales

de siglo sentó las futuras bases sobre la manera de llevar a cabo completamente este tipo de programas por parte de un actor de características estatales. Dicho informe será el hilo conductor de este epígrafe, aunque se incluirán las actualizaciones pertinentes correspondientes a los saltos tecnológicos, geopolíticos y doctrinales que se han producido en los tiempos recientes.

También a finales de siglo se establecieron las bases de la nueva generación de armas biológicas, siendo los estudios del llamado *Grupo Jason* los que pronosticaron la aparición de estos nuevos tipos de agentes, todos ellas factibles en la actualidad. Entre este armamento se pueden referenciar las armas biológicas binarias; los diseñadores genéticos; la terapia genética como arma; los virus encubiertos; las enfermedades cambiantes de huésped y los diseñadores de infecciones (Ainscough, 2022: 17). Después de 59 años de servicio a la administración estadounidense, el Departamento de Defensa decidió disolver este grupo en marzo de 2019, poco antes de que se declarase la pandemia provocada por la COVID¹.

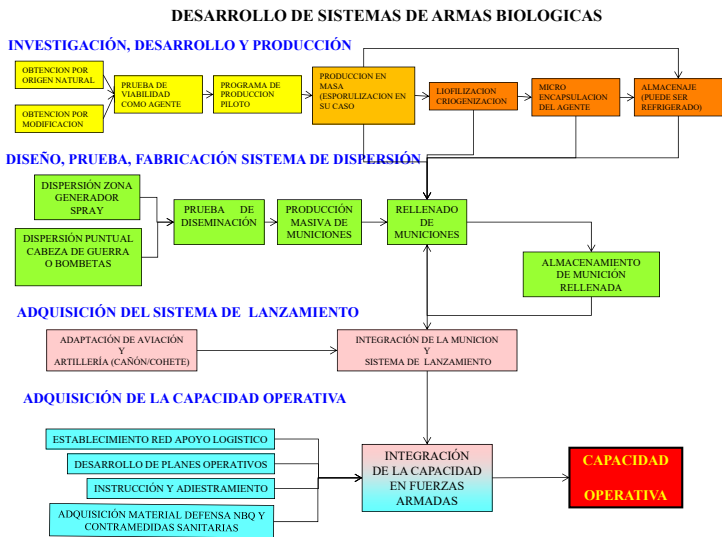


Figura 1. Fases de un programa completo de armamento biológico. Fuente: elaboración propia a partir de la documentación aportada

¹ Finkbeiner, A. (27 Jun 2019). Jason, a secretive group of Cold War science advisers is fighting to survive in the 21st century. *Science*. [Fecha de la consulta 30/07/2022]. Disponible en: <https://www.science.org/content/article/jason-secretive-group-cold-war-science-advisers-fighting-survive-21st-century>

3.1. La investigación, desarrollo y producción de agentes

La producción de agentes biológicos es relativamente sencilla ya que a partir de microorganismos productores de enfermedades endémicas se podrían obtener con facilidad. Esto además ofrece la posibilidad de que, en caso de producirse la futura dispersión ocasionada por un ataque biológico, su atribución resulte complicada de demostrar al ocultarse como un brote de posible origen natural si el agente ya estuviese presente.

En estas condiciones se puede plantear además el dilema del empleo dual de los agentes biológicos, ya que su uso para la producción de vacunas o investigación médica o veterinaria es perfectamente lícito y los requerimientos en estos ámbitos son muy parecidos a los que se necesitan para la investigación y desarrollo de un agresivo biológico. Además, la tecnología dual es de aplicación en otros fines completamente lícitos de la industria biotecnológica de la alimentación o farmacia, por lo que a priori no se necesitaría contar con un programa ofensivo para la investigación y desarrollo con fines armamentísticos.

Otro dato adicional es la cantidad de personal científico que requiere este tipo de industria. Además, una gran parte de la literatura científica es de libre acceso y difusión gracias a la profusión de contactos entre centros de investigación, su publicación en Internet o a los proyectos de puesta en común de la *Do It Yourself Biology* o la actividad de los *Biohackers*². En este entorno de difusión informativa se impone la dicotomía de la decisión de publicar los resultados de las investigaciones para que su transparencia haga ver la no existencia de acciones malintencionadas o bien reservar y clasificar esta información para que los actores proliferantes no puedan tener acceso a ella para usos ilegítimos.

En cuanto a la vulnerabilidad de las posibles víctimas, la actividad en redes sociales ha dejado patente la facilidad para investigar a individuos y poblaciones genéticamente homogéneas. Muchas personas han proporcionado sus datos genéticos al someterse voluntariamente a grandes programas de investigación con la excusa de proporcionales contraprestaciones, como información sobre sus orígenes ancestrales o su propensión a padecer enfermedades.

² Cique Moya, A. (2017). «Biohacking» y «biohackers»: amenazas y oportunidades. *Documento de Opinión IEEE 93/2017*. [Fecha de la consulta 08/08/2022]. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2017/DIEEO93-2017_Biohacking_CiqueMoya.pdf

Por el contrario, estos datos utilizados con fines maliciosos pueden poner en evidencia las vulnerabilidades de determinados colectivos humanos y convertirlos en blancos de armas específicamente diseñadas para grupos homogéneamente genéticos³.

Sabiendo para qué se quiere emplear un determinado agente, su selección o modificación genética se puede realizar con relativa facilidad. Se pueden escoger las cepas más resistentes cultivándolas en condiciones menos favorables de humedad, temperatura, oxigenación o incluso se pueden cultivar estas en presencia de determinados inhibidores del crecimiento como los antibióticos. De este modo se obtendrán las cepas más resistentes a las demandantes condiciones del almacenamiento y posterior dispersión, así como a las posibles contramedidas para paliarlas, como pueden ser los programas de inmunoprofilaxis, quimiorprofilaxis y tratamiento.

En esta situación de facilidad para la obtención de personal, conocimientos y materiales se puede también investigar con el fin de obtener aquellos microorganismos más adecuados para ser empleados en un programa de guerra biológica. Mediante técnicas de adquisición de funciones se podría obtener una mutación para que se modifiquen las características de un microorganismo, de modo que se le dote de una nueva capacidad o función. Si bien desde principios de siglo estaba sometido a cuestión su posible empleo en tecnologías de tipo dual, en la segunda década se incrementó el debate cuando se modificó el virus de la gripe aviar para que pudiese infectar mamíferos. A este respecto no se ha llegado a un acuerdo general, salvo que los experimentos científicos deben llevarse a cabo en las mejores condiciones de seguridad (Imperiale y Casadevall, 2018: 21).

Un nuevo avance en la variación de las características de los microorganismos vino de la mano de la tecnología *CRISPR/Cas9*. Básicamente esta innovación ha facilitado que se pueda modificar el ADN o ARN de una célula de una forma precisa, pudiendo retirar trozos de la cadena genética y reemplazarlos por otros. Anteriormente los programas de agentes biológicos se basaban en la experimentación molecular que los asimilara a la categoría de agentes de guerra. Sin embargo, la tecnología CRISPR puede mani-

³ Hagstrom, A. (2022). Intelligence Committee members warn US of bioweapons targeting DNA of individual Americans. *Fox News*. July 24. [Fecha de la consulta: 30/07/2022]. Disponible en: <https://www.foxnews.com/us/intelligence-committee-members-warn-bioweapons-targeting-dna-individual-americans>

pular las características de estos agentes, pero además hacerlo a un coste económico muy bajo (Dieuliis y Giordano, 2018: 239-240). No obstante es difícil en ocasiones obtener los resultados deseados con esta tecnología, por lo que el empleo de sistemas de clonación resulta igualmente efectivo y resulta más fácil de conseguir.

El desarrollo de los agentes pueden incluir las pruebas de estos sobre especímenes de laboratorio para comprobar la eficacia de sus características intrínsecas, como pueden ser la infectividad, virulencia o patogenicidad. Incluso estas pruebas se pueden realizar aplicando técnicas de dispersión en modo de aerosol en cámaras cerradas o bien en espacios abiertos controlados.

3.2. La producción en masa de un agente biológico

La producción masiva es relativamente fácil para cualquier país, ya que la industria farmacéutica o alimentaria que cuente con métodos de producción en masa, como el empleo de grandes biorreactores y conservación, como la liofilización, puede generar un volumen de este tipo de agentes en cantidades suficientes para cubrir las necesidades de un programa ofensivo. Adicionalmente el coste de dichas instalaciones es relativamente económico, en comparación con otros medios de producción de armamentos, y sus características duales ofrecen la posibilidad de encubrir un programa biológico ofensivo. Por otra parte, muchos de los medios de cultivo empleados son relativamente fáciles de producir y baratos de adquirir, coincidiendo muchos de estos con los elementos utilizados en las industrias farmacéuticas, agroalimentarias y biotecnológicas.

La mejora en el desarrollo de la tecnología de biorreactores puede acelerar y mejorar los procesos de producción masiva muy por encima de las capacidades de los antiguos modelos o los propios fermentadores. Gracias a la mejora en factores de regulación, agitación, control de pH, temperatura, esterilización y técnicas de procesamiento posterior, se pueden obtener rendimientos muy elevados. Además, al desarrollarse nuevos modelos computacionales de dinámica de fluidos, se puede determinar previamente y con exactitud las condiciones biológicas y biomecánicas para desarrollo de un cultivo a gran escala (VV.AA., 2022: 25152-25163).

Dependiendo del tipo de agente biológico a producir se podrían establecer diferentes tipos de instalaciones industriales. En el caso de la producción de bacterias, hongos filamentosos o levaduras, la planta de producción debe estar dotada de grandes biorreactores

(fermentadores) y sistemas de esterilización y almacenaje acorde con los volúmenes de trabajo. A partir de pequeñas cantidades de cultivos liofilizados o congelados se pueden producir cantidades del orden de magnitud de kilogramos en unos cuatro días (Majumdar, 2019: 25). En determinados casos otra posibilidad sería la producción a través de animales inoculados (Valdés y Valdés, 2018: 2).

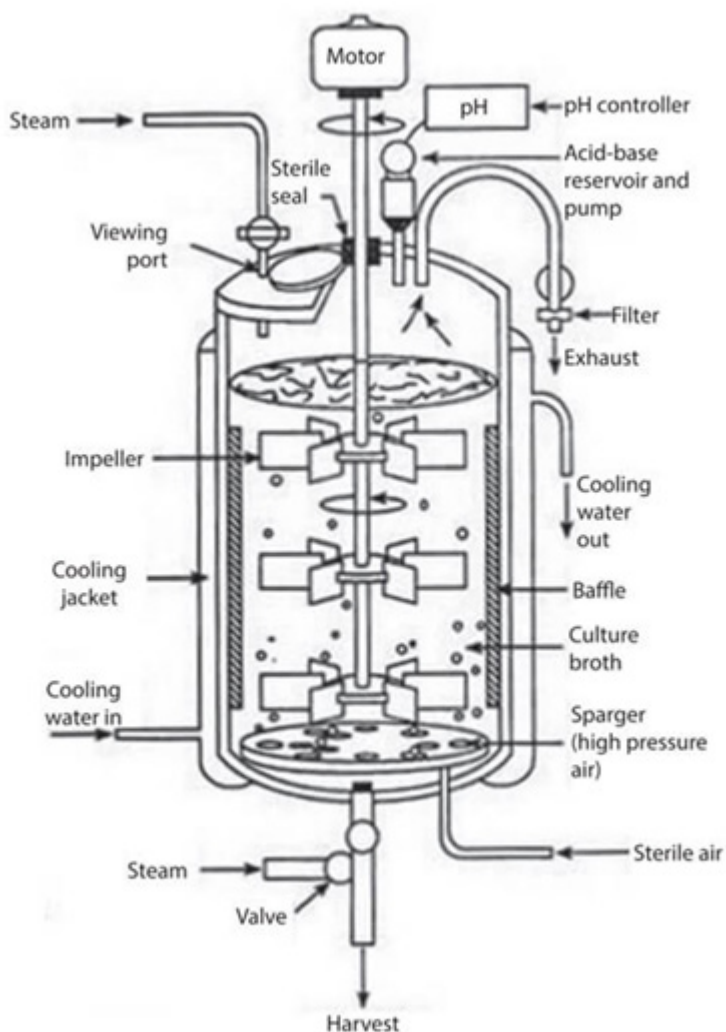


Figura 2. Imagen de un biorreactor. Fuente: Kuila, A.; Sharma, V. (eds.). (2018). Principles and applications of fermentation technology. John Wiley & Sons. P. 69

Para evitar la muerte de los microorganismos a medida que se producen, estos se deben retirar del biorreactor de producción, bien mediante el desarrollo de un sistema de cultivo en continuo o bien mediante cultivos en *batch* por tandas. De este modo el cultivo microbiano se puede mantener sin interrupciones alcanzando un crecimiento exponencial.

En el caso de agentes como los virus o determinadas bacterias, como rickettsias o clamídeas, existe la necesidad de contar con células vivas para su multiplicación, además de necesitar biorreactores específicos. En el pasado se empleaban embriones de pollo o células de suero sanguíneo de mamíferos. Estos presentaban inconvenientes técnicos que limitaban los volúmenes de producción, debido a que solo se obtenían en superficies. Partiendo de la mejora de las superficies, a través de la confección de perlas suspendidas en los medios de cultivo, se han llegado a desarrollar técnicas de intercambio iónico o de afinidad basadas en membranas de absorción cromatográfica (Carvalho, 2019: 1800570). También se han mejorado las membranas de fibra hueca, permitiendo la perfusión de los cultivos en los biorreactores (Nikolay, 2020: 3040-3052).

Igualmente útiles resultan los biorreactores para la producción de biosurfactantes, como productos de la fermentación de bacterias en ambientes propios para ello, ocasionado por la mejora de las tecnologías de elaboración. Los últimos avances han conseguido que se puedan realizar estos productos en grandes proporciones, entre los que se incluyen las toxinas, a precios relativamente bajos y altos rendimientos (Pinto, 2018: 595-600). En el caso de toxinas protéicas, aparte de la extracción directa de una planta, animal o microorganismo, la producción clásica se realiza sobre la base de la fermentación bacteriana. Mientras, se han desarrollado técnicas más novedosas como la clonación de los genes de la toxina en un huésped microbiano o su síntesis química a partir de sus ácidos nucleicos (solo para toxinas peptídicas) (Lee, Cowan y Tankard, 2022). En cuanto a toxinas proteínicas también se puede ver la evolución de su obtención desde animales o plantas a la clonación de una serie de genes, cada uno de ellos capaz de controlar la producción de las enzimas necesarias en cada paso de una línea biosintética (Tucker y Hooper, 2006: 14-17).

Tanto en el proceso de I+D como en la línea de producción existen riesgos acentuados para el personal que opera las instalaciones, así como para el entorno de estas, en el caso que existiese algún tipo de escape. Por ello se deberían extremar las medidas

de biocontención y por tanto cuanto mayor transparencia haya en la actividad de los laboratorios de nivel de bioseguridad (BLS por sus siglas en inglés) BLS-3 o BLS-4 habrá menores posibilidades de proliferación. Sin embargo, el aumento de instalaciones de estas características a nivel mundial ha crecido de forma desproporcionada en los últimos años, estimándose que en el año 2022 habría 59 instalaciones del primer tipo y mas de 3.000 del segundo (Zoppè, 2022: 508). Esto puede dar una indicación de la dificultad de control efectivo sobre este tipo de laboratorios y que en algún caso se pueda correr el riesgo de que en estos se produzcan actividades de investigación y desarrollo o de planta piloto de agentes biológicos de guerra.

3.3. La estabilización y conservación de los agentes biológicos

Una vez conseguida una producción masiva de agentes biológicos esta debe ser estabilizada y conservada en las mejores condiciones para evitar, en la medida de lo posible, su destrucción a lo largo del tiempo. Igualmente estas cualidades son de aplicación no solo para el almacenamiento, sino que tras su incorporación al vector de lanzamiento y después de la dispersión del agresivo, este debe permanecer viable durante el mayor tiempo posible o el tiempo requerido para que el ataque biológico beneficie la operación en apoyo a la que este se ejecuta.

Existen varios procesos para lograr la estabilización del agente. En el caso de que el agente pueda formar esporas es posible que, al final de la etapa de producción en masa, se someta a este a condiciones demandantes para que adopte esta forma. También es posible su empleo como solución húmeda, añadiéndole estabilizantes, pero esta mezcla es muy sensible al estrés ambiental. Por ello es preferible la técnica de la liofilización o deshidratación mediante punto crítico, de tal modo que el agente se deshidrata junto a nuevos tipos de estabilizadores hasta la obtención de un producto seco para su posterior molturación, aumentando su tiempo de vida media en entornos de conservación en frío (Bellali, 2020: 126454). Con un adecuado tamaño de la partícula se conseguiría el diámetro aerodinámico de masa media requerido para lograr su efectividad en un ataque diseminado por aerosol, lo cual no sería necesario en el caso de contaminación de agua o alimentos. Otro método como la microencapsulación del agente puede emular la formación de esporas en la naturaleza, recubriendo este con una capa de producto protector, habiéndose progresado

en los últimos años en la realización de estos recubrimientos para la obtención de nanocápsulas⁴.

3.4. El diseño, prueba y fabricación de los sistemas de dispersión

La consideración de un arma biológica implica el agresivo propiamente dicho al que hay que añadir el vector de proyección para que alcance su objetivo. Al tratarse de sustancias vivas o viables, en estado sólido o líquido, hay que tener en cuenta las demandantes condiciones del lanzamiento de la munición y de la dispersión del agente que transporta en el área de objetivos.

La variedad de medios de proyección y alcances es muy alta, desde la simple dispersión por un gran generador de spray sobre la superficie terrestre, la munición de artillería cañón o cohete, o la utilización de medios aéreos por medio de rociado o bombardeo. Las contramedidas de un defensor ante estos ataques implica la destrucción de la plataforma de lanzamiento, por lo que estos sistemas estarán posiblemente priorizados en el ciclo de *targeting* del defensor, entendiendo por este las acciones encaminadas a identificar, seguir, neutralizar y valorar la eliminación de la amenaza (NATO, 2021: 1-13)⁵.

Además existen medios novedosos en cuanto a vectores de proyección y se debe tener en cuenta que los sistemas aéreos remotamente tripulados (RPAS por sus siglas en inglés) están causando un gran impacto por la aparición de una clase de armamento novedoso en el campo de batalla. La utilización de *cargas de pago* biológicas en este tipo de dispositivos debe ser contemplada por la baja vulnerabilidad y coste de estos y por la facilidad de alcanzar con precisión el blanco seleccionado. Para ello se podría partir de un programa de drones agrícolas para encubrir un verdadero programa de guerra biológica⁶.

⁴ Poncelet, D. (January 2006). Microencapsulation: Fundamentals, methods and applications, In book: *Surface Chemistry in Biomedical and Environmental Science*. Pp. 23-34. [Fecha de la consulta 31/07/2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226223847_Microencapsulation_Fundamentals_methods_and_applications

⁵ El proceso del *targeting* es continuo y consta de seis fases, sucintamente definidas por la dirección y guía del comandante de la operación, análisis de los blancos, análisis de las capacidades, asignación de medios, realización de la misión y valoración. Para un estudio en mayor detalle se sugiere la lectura del documento Allied Joint Doctrine For Joint Targeting AJP 3.9. [Fecha de la consulta 01/08/2022]. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033306/AJP-3.9_EDB_V1_E.pdf

⁶ Povoden, G. (12 ene 2022). CBRN attacks on vulnerable targets using UAS. *UNOCT*. [Fecha de la consulta 02/08/2022]. Disponible en: https://www.un.org/counterterrorism/sites/www.un.org.counterterrorism/files/mr._gunter_povoden_-_unoct_consultant_.pdf

En cuanto a las características que deben poseer las municiones se encuentra la necesidad de la dispersión óptima del agente. Esto posee una doble vertiente, ya que por una parte se debe producir el aerosol de las partículas líquidas o liofilizadas. Este se puede conseguir mediante un generador de spray o bien mediante una explosión de baja potencia de submuniciones en las condiciones de altura y físicas que faciliten el máximo rendimiento para la creación de las gotas microscópicas que permitan la permanencia del agresivo en el aire (Cole, 2016: 315-332). Hay que tener en cuenta que los efectos máximos se consiguen con partículas de diámetro entre una y cinco micras, por su capacidad de alcanzar los alvéolos pulmonares (World Health Organization, 2004: 40).

Por otro lado la dispersión necesita encontrarse en condiciones de estabilización, para conseguir los efectos deseados a lo largo del tiempo requerido. Esto se calcula mediante el decaimiento del aerosol, que se produce en dos etapas. La primera de ellas ocurre en los primeros segundos transcurridos tras la generación del aerosol, ya que la producción de este por procedimientos explosivos puede eliminar hasta un 95 por ciento del agente. Los microorganismos supervivientes pasan entonces a una segunda etapa, mucho más prolongada, que depende de los parámetros meteorológicos de los momentos posteriores al lanzamiento debido a las condiciones de humedad, temperatura, oxigenación, luz solar y otros factores no degradantes, como la inversión térmica atmosférica y la ausencia de fuertes vientos, que evitan la dispersión de la nube (Croddy, 2002: 17-18).

En todo caso, en el análisis de objetivos por parte del atacante se debe pensar en que cuanto mayor es la extensión del ataque más dificultad existe en controlar los efectos militares de este. En el caso de utilización de insectos como vectores, se pierde prácticamente el control efectivo de la zona de blancos, pudiendo tener un control reducido en las técnicas por rociado y alcanzado mayores precisiones con el empleo de municiones guiadas (CSIS, 2006: 2).

3.5. La obtención del sistema de lanzamiento

Como norma general los sistemas de lanzamiento de armamento biológico deben ser parte de programas de adquisición de armamento convencional, aunque es posible que haya que realizarles algún tipo de adaptación o modificación. Esto es especialmente importante si se pretende ocultar un programa ofensivo bioló-

gico, ya que la aparición de medios de lanzamiento específicos podría delatar la existencia de dicho programa. Por ello se estima que los sistemas convencionales de artillería, ya sean tipo cañón o cohete, y determinados medios aéreos deberían ser convenientes para el empleo de este tipo de armamento. En el caso de tener que utilizarlo, tan solo habría que cambiar las municiones que contienen los agentes y emplearlo de acuerdo a los procedimientos más adecuados. Aunque podrían utilizarse vectores vivos para su lanzamiento, este tipo de proyecto debería ser específico y estar contemplado como un vector de proyección completamente diferente a los medios de lanzamiento que normalmente pueden encontrarse en servicio en unidades de las fuerzas armadas (Weapons Of Mass Destruction Commission, 2006: 140-141).

El empleo de los misiles balísticos no parece adecuado para este tipo de agentes, toda vez que las demandantes condiciones del lanzamiento y la trayectoria podrían afectar seriamente a la viabilidad de una *carga de pago* biológica. Vehículos con una menor velocidad como los misiles de crucero podrían poseer una mayor adecuación, aunque habría que estudiar el coste del empleo de este tipo de vectores de proyección en relación con los efectos que se pretendiesen conseguir⁷.

Un caso especial sería la utilización de agentes biológicos por procedimientos de rociado aéreo, ya que los medios militares convencionales no suelen ser compatibles con este tipo de dispersión. En dicho caso se necesitaría contar con diferentes modelos de aviones de ala fija, que podrían ser sustituidos por RPAS. En el caso de helicópteros, determinados modelos podrían ser aptos, con las adecuadas modificaciones. También hay que tener en cuenta que el empleo novedoso de enjambres de drones, basados en comportamientos de inteligencia artificial, podrían alcanzar con mayores probabilidades de éxito el lugar del blanco así como favorecer la generación de aerosoles (Kallenborn y Bleek, 2018: 541-543).

3.6. La adquisición de la capacidad operativa

Es extremadamente complicado que un actor estatal esté dispuesto a mostrar una capacidad biológica ofensiva y por tanto

⁷ Trezza, C. (8 July 2013). Controlling Proliferation of WMD Delivery Means: Necessary Next Steps. *European Leadership Network*. [Fecha de la consulta 03/08/2022]. Disponible en: <https://www.europeanleadershipnetwork.org/commentary/controlling-proliferation-of-wmd-delivery-means-necessary-next-steps/>

no puede realizar manifiestamente las acciones conducentes al establecimiento de este tipo de programas. Sin embargo, existen una serie de procesos que puedan llevar a considerar que unas fuerzas armadas poseen la capacidad operativa de agresión biológica.

Independientemente del orden en que se tratan las etapas necesarias, todas ellas se llevarían en líneas de trabajo paralelas para llegar prácticamente al mismo tiempo al punto de la obtención de la operatividad. En primer lugar se necesita una red de apoyo logístico permanente, que garantice el almacenamiento de las armas y su adecuado mantenimiento para su puesta en servicio en el caso necesario. Igualmente se necesita que la logística operativa tenga la capacidad de poder almacenar y transportar las municiones hasta la entrega a las unidades dentro de la zona de operaciones conjunta o en el caso de tratarse de armas de alcance estratégico, estas deberían tener la posibilidad de ser municionadas.

El posible empleo de este tipo de armas se suele estudiar muy detenidamente, dada su trascendencia y los efectos que pueden causar. Por ello un actor estatal deberá tener muy bien establecidos los escenarios de empleo en que tenga que realizar una agresión biológica. Estos planes muy posiblemente se encuentren elaborados hasta los más mínimos detalles para intentar minimizar drásticamente cualquier escenario no contemplado. Casi con seguridad, la decisión de la activación de cualquiera de los planes recaerá en el nivel político.

Otra de las líneas de desarrollo deberá aplicarse sobre temas doctrinales para el empleo de la fuerza y de ella se derivarán determinados aspectos relacionados con la instrucción y el adiestramiento. Debido a la dificultad del mantenimiento del secreto si se difundiesen los procedimientos de empleo, se deberán buscar determinadas formas de conservar la seguridad de la información. Hay que tener en cuenta la dualidad de muchas de las tácticas, técnicas y procedimientos ofensivos, que podrían ser aplicados de igual manera para la defensa NBQ. Por ello la instrucción y adiestramiento en protección, toma de muestras, reconocimiento, descontaminación, alerta e información y determinados aspectos de carácter logístico podrían aparejar un programa ofensivo encubierto.

Otros procedimientos tácticos convencionales también podrían esconder la preparación de la fuerza para este tipo de opera-

ciones ofensivas. Uno de los ejemplos más significativos es la capacidad de las unidades para la ruptura inopinada del contacto en frentes amplios. Esto da la idea de la posibilidad de evitar que las unidades pertenecientes al agresor puedan ser víctimas de un ataque biológico por encontrarse próximas a una zona de objetivos. Este caso podría coincidir con el llamado *efecto boomerang*, que se produce fundamentalmente en los ataques por rociado aéreo o generadores de spray, y en menor medida en los ataques con bombetas o misiles, pero que en todo caso los aerosoles producidos podrían afectar a las unidades involucradas en la acción ofensiva⁸.

Sin embargo existen determinadas tácticas, técnicas y procedimientos que mostrarían sin ambigüedad la existencia de la integración de un programa biológico ofensivo en las fuerzas armadas. Esta selección debería encontrarse restringida a una «élite» muy reducida en aras del mantenimiento del secreto y la alta especialización que requerirían las unidades encargadas de llevar a cabo las acciones. En estos ámbitos se podrían incluir a fuerzas de operaciones especiales; determinadas unidades de artillería, que deberían dominar el lanzamiento de las municiones en las mejores condiciones para la viabilidad de los agentes; o pilotos de aeronaves, remotas o tripuladas, que deberían ser capaces de trazar los perfiles de ataque necesarios para el lanzamiento o la dispersión del agresivo; también habría que contar con determinados medios de unidades de defensa NBQ y de apoyo logístico, entre los que habría que considerar a unidades sanitarias.

Un importante aspecto a tener en cuenta es la prevención de daños colaterales sobre las fuerzas propias por el empleo de un agente biológico. Por ello, otra de las líneas de desarrollo debe estar encaminada a tomar las medidas de protección de la fuerza necesarias para mantener su capacidad operativa. Dentro de este tipo de medidas se debe contemplar el empleo de medios y unidades de defensa NBQ y de un programa de contramedidas sanitarias que incluyan la vacunación, profilaxis y las capacidades asistenciales para la detección en pacientes de las posibles infecciones, así como su tratamiento.

⁸ Chamberlain, N. What Does it Mean to Weaponize a Biological Agent. What Factors are Considered When a BW is Weaponized? En: *Biological Warfare/Bioterrorism Handbook*. A. T. Still University of Health Sciences. [Fecha de la consulta 07/08/2022]. Disponible en: <https://www.atsu.edu/faculty/chamberlain/bioterror/weaponize.htm>

4. Las acusaciones entre actores estatales y los programas de guerra biológica

Siguiendo un hilo conductor se estima pertinente buscar, en los conflictos más significativos que están actualmente ocurriendo, concordancias o discrepancias con los planteamientos teóricos de la producción de armas biológicas.

En la actualidad existen conflictos latentes y abiertos en diferentes partes del mundo, con importantes conexiones entre sí debido al fenómeno de la globalización. Si bien es muy difícil atribuir un carácter ofensivo a un programa biológico, lo cierto es que se están llevando a cabo labores de investigación, prevención de enfermedades endémicas y lucha contra estas en lugares muy próximos a las zonas en conflicto.

Esta situación hace levantar las sospechas de que exista la posibilidad de la existencia de programas biológicos encubiertos o al menos que se produzcan dispersiones accidentales de agentes biológicos por fallos de biocontención como consecuencia de errores o daños colaterales.

Otra posibilidad existente es que se produzcan increpaciones de las actividades llevadas a cabo y que estas formen parte de una campaña de desinformación dentro de una estrategia de comunicación, encaminada a causar el desprestigio de los respectivos oponentes, pudiendo causar un cambio de opinión en las audiencias objetivo de la campaña.

4.1. El teatro del este de Europa y la controversia entre Rusia y EE. UU.

Desde el año 2012 no se ha observado que ningún agente proliferante, estatal o no, haya mostrado la voluntad manifiesta del empleo de armamento biológico. En dicho año el presidente ruso, Vladímir Putin y su ministro de defensa, Anatoly Serdyukov, hicieron referencia a 28 proyectos para prepararse contra las amenazas futuras en las que Rusia debería estar dispuesta para una «rápida y efectiva respuesta a los nuevos desafíos». Entre esta panoplia de posibilidades, se encontraba el desarrollo de un tipo específico de armas, a las que el presidente Putin denominó «genéticas» (Zilinskas y Mauger, 2018: 351-356)⁹.

⁹ El presidente Putin se refirió a este tipo de tecnologías en su discurso «Una defensa inteligente contra las nuevas amenazas». Para la lectura del texto se sugiere la lectu-

Esto hizo saltar las alarmas de los analistas en el bloque occidental, quienes temieron que de nuevo se rescatase en Rusia el antiguo programa de armamento biológico soviético denominado «Biopreparat»¹⁰. Cuando Serdyukov se comprometió con su presidente a poner en marcha los proyectos contemplados surgió un debate científico internacional, ya que difícilmente se podría llevar a cabo un arma genética sin violar la Convención de Armas Biológicas y Toxínicas¹¹.

Estas preocupaciones se extendieron en la administración estadounidense hasta el año 2021, evaluando que Rusia mantenía un programa de armamento biológico activo, cuyas principales instalaciones se encontraban en el Instituto Central de Investigación Científica Kirov; en el Instituto Central de Investigaciones Científicas Sergiev Posad y en Instituto Central de Investigación Científica de Ekaterimburgo¹².

Igualmente, los norteamericanos mostraron su preocupación por la falta de información desde China, Irán y Corea del Norte, quienes podrían no estar cumpliendo las obligaciones suscritas con la convención¹³.

Por su parte, los rusos han acusado a los EE. UU. de extender un programa biológico cerca de la periferia inmediata rusa. Desde 2018 Rusia ha incrementado las increpaciones a los estadounidenses por llevar a cabo actividades de doble propósito en el ámbito de las enfermedades infecciosas altamente peligrosas. El principal emplazamiento de estas actividades se encontraría en el Centro Richard Lugar para la Investigación en Salud Pública en Tbilisi, Georgia. Supuestamente en las instalaciones del centro se llevarían

ra del siguiente artículo de prensa: Putin, V. (2012). Being Strong: National Security Guarantees for Russia. *Russia Today*. February 20. <http://rt.com/politics/official-word/strong-putin-military-russia-711>

¹⁰ Para ver en mayor detalle los aspectos históricos de este programa se sugiere consultar el módulo primero de este documento de los autores Domingo Marquina y Javier Vicente.

¹¹ Hoffman, D. (2012). Genetic Weapons, You Say? *Foreign Policy*. Vol. 27. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: <https://foreignpolicy.com/2012/03/27/genetic-weapons-you-say/>

¹² Bureau of Arms Control, Verification And Compliance. (April 15, 2021). *2021 Adherence to and Compliance With Arms Control, Nonproliferation, and Disarmament Agreements and Commitments REPORT*. US Department of State. Pp. 50-52. [Fecha de la consulta 21/06/2022]. Disponible en: <https://www.state.gov/wp-content/uploads/2021/04/2021-Adherence-to-and-Compliance-With-Arms-Control-Nonproliferation-and-Disarmament-Agreements-and-Commitments.pdf>

¹³ *Op. cit.*, pp. 46-49.

a cabo experimentos liderados por la Dirección de Investigación Médica del Ejército de EE. UU. en Georgia (USAMRD-G). Ese año el viceministro de Relaciones Exteriores de la Federación Rusa, Grigory Karasin, declaró que estaba esperando las explicaciones norteamericanas sobre sus actividades en los laboratorios georgianos¹⁴. Las acusaciones se incrementaron en 2022 cuando la portavoz del Ministerio de Exteriores ruso, Maria Zakharova, declaró que en estas instalaciones se «está investigando el uso de insectos como agentes biológicos e infecciosos especialmente peligrosos»¹⁵.

Los norteamericanos han calificado las acusaciones de inconsistentes, aparte de contar con una información abierta de sus actividades en el campo de la investigación biomédica, el desarrollo de productos, la vigilancia de enfermedades y respuesta a posibles brotes. Todo ello se realizaría con la finalidad de apoyar la salud de las fuerzas armadas estadounidenses y aliadas desplegadas dentro del área de responsabilidad del Mando Europeo estadounidense, así como la salud mundial. Los principales campos de investigación del centro se basan, según los norteamericanos, en el estudio de bacteriófagos, entomología, biología molecular y virología¹⁶.

El conflicto ucraniano ha destapado acusaciones mutuas entre estadounidenses y rusos, que no han podido ser contrastadas y que puede que se hayan producido en medio de campañas de guerra informativa¹⁷. De este modo el portavoz del Ministerio de Defensa ruso, Igor Konashenkov, declaró a finales de marzo de 2022 que el propósito que tenían las instalaciones de investigación biológica financiadas por el Pentágono en Ucrania era «establecer un mecanismo para la propagación sigilosa de patógenos mortales». En mayor detalle, la supuesta investiga-

¹⁴ РИА Новости/Ria Novosti. «В Грузии ответили на заявления России о лаборатории Лугара Об этом сообщает «Рамблер» / Georgia respondió a las declaraciones de Rusia sobre el laboratorio Lugar Así lo informa Rambler». 20/12/2018. [Fecha de la consulta 21/06/2022]. Disponible en: <https://news.rambler.ru/caucasus/41452678-v-gruzii-otvetili-na-zayavleniya-rossii-o-laboratorii-lugara/>

¹⁵ JAMnews. How did Tbilisi respond to accusations against Lugar Center's alleged breeding of dangerous insects? [Fecha de la consulta 21/06/2022]. Disponible en: <https://jam-news.net/how-did-tbilisi-respond-to-accusations-against-lugar-centers-alleged-breeding-of-dangerous-insects/>

¹⁶ U.S. Army Medical Research Directorate-Georgia. Our Research. [Fecha de la consulta 21/06/2022]. Disponible en: <https://mrdg.health.mil/Our-Research/>

¹⁷ Ver el capítulo de Jesús Díez Alcaide y Marina Rodríguez, sobre Comunicación estratégica y desinformación.

ción norteamericana experimentaría sobre patógenos de murciélagos, aves o reptiles y con muestras de coronavirus, peste porcina y carbunco¹⁸. La narrativa rusa fue adecuadamente explotada ante unas declaraciones de la vicesecretaria estadounidense para asuntos políticos, Victoria Nuland, quien afirmó que Ucrania tenía instalaciones de investigación biológica y que los EE. UU. estaban preocupados si Rusia se hacía con ellas. La publicación fuera de contexto de esta frase fue aprovechada por los rusos, favorecida por los medios antigubernamentales estadounidenses¹⁹.

En el verano de 2022 las acusaciones rusas contra los laboratorios financiados con fondos estadounidenses, en Ucrania y otras repúblicas exsoviéticas, llegaron a su máximo nivel cuando los rusos activaron el capítulo V de la Convención de Armas Biológicas. Esto podría traer consigo la aplicación de un procedimiento especial de investigación para comprobar que no se está violando la convención. No obstante, las denuncias rusas han llegado varias veces al Consejo de Seguridad de la ONU (CSNU) sin que los expertos de esta organización ni externos hayan concluido otra cosa que los laboratorios han sido empleados con fines pacíficos para la salud humana y animal. Por ello existe la fundada sospecha de que las increpaciones de Rusia pueden ser parte de una campaña de desinformación que soporte su actuación en el conflicto ucraniano²⁰.

4.2. China: entre la COVID-19 y la lucha por el dominio biológico

China ha manifestado no poseer ningún tipo de programa biológico y ha declarado respetar la convención con «buena fe», quedando atrás las acusaciones de producción de armas biológicas de finales de la era de los ochenta, que podrían haber provocado

¹⁸ TheMoscowTimes. (March 10, 2022). Russia Accuses U.S. of Financing Bio Weapons Research in Ukraine. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: <https://www.themoscowtimes.com/2022/03/10/russia-accuses-us-of-financing-bio-weapons-research-in-ukraine-a76857>

¹⁹ Chappell, B.; Yousef, O. (2022). How the false Russian biolab story came to circulate among the U.S. far right. *NPR*. March 25. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: <https://www.npr.org/2022/03/25/1087910880/biological-weapons-far-right-russia-ukraine?t=1656237735214>

²⁰ Lentzos, F.; Littlewood, J. (July 8, 2022). Russia finds another stage for the Ukraine «biolabs» disinformation show. *Bulletin of the Atomic Scientists*. [Fecha de la consulta 18/07/2022]. Disponible en: <https://thebulletin.org/2022/07/russia-finds-another-stage-for-the-ukraine-biolabs-disinformation-show/>

un brote de fiebre hemorrágica en la provincia de Xingiang²¹. No obstante a finales de siglo mantenía activos laboratorios de investigación biológica en Yan'an, Dalian y Changchun. Además se sospechaba de las instalaciones de producción biológica de Wuchang, Chongqing y Kunming y de las posibles fábricas de armamento biológico en Shenyang, Shanghai, Lanzhou y Guangzhou (Chansoria, 2014: 56-57).

También a caballo del cambio de siglo el máximo responsable de la defensa biológica china, Fu Genming, declaró que aunque su país no poseía capacidades biológicas ofensivas sí poseía una «unidad de guerra antibiológica». Esta unidad se encontraría localizada en el Instituto de Medicina Militar situado en la región militar de Pekín. Posteriormente, como consecuencia de la epidemia de SARS-CoV del año 2003, en el año 2007 comenzó la construcción de un laboratorio de nivel de bioseguridad 4 (BSL-4) en la región de Wuan²². En el año 2015 el laboratorio finalizó las obras bajo los auspicios del Ejército de Liberación Popular (PLA por sus siglas en inglés) y dentro del marco de cooperación franco-china de prevención y control de brotes de enfermedades infecciosas.

La construcción del BSL-4 se consideró como una estupenda excusa para que los chinos llevaran a cabo proyectos de investigación en vacunas y biomateriales de doble uso. La colaboración entre el PLA y varias agencias civiles en la producción de vacunas o la manipulación de material genético apuntaron hacia una total implicación militar en varios proyectos (Verma, 2020: 4-5).

A partir de la construcción del BSL-4 se han podido observar diferentes aproximaciones entre las ciencias biológicas y las militares, destacando las declaraciones del general He Fuchu, anterior presidente de la Academia de las Ciencias Médicas Militares (AMMS por sus siglas en inglés) y posteriormente vicepresidente de la Academia de las Ciencias Militares. Fuchu destacó en 2015 que la biotecnología sería el «terreno prioritario estratégico» de la defensa nacional, direccionada a los biomateriales y a las armas de control mental.

²¹ National Intelligence Council. (November 5, 1999). *China and Weapons of Mass Destruction: Implications for the United States*. Conference Report. P. 67. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: https://www.dni.gov/files/documents/China_WMD_2000.pdf

²² NTI. China Biological Chronology. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: https://media.nti.org/pdfs/china_biological_2.pdf

En 2016 apareció una investigación de una tesis doctoral de la AMMS en la que se citaban tres métodos diferentes para mejorar la capacidad de combate de las tropas. El primero de ellos tenía relación con el uso del fármaco *Modafinilo* para la mejora cognitiva; el segundo trataba sobre la estimulación magnético-cerebral; sin embargo el tercero indicaba la posible utilización de la tecnología CRISPR/Cas9 para la disuasión militar, basándose en la edición genética del ADN de microorganismos mediante un preciso corte y edición de este²³.

Además de las posibles mejoras en la investigación armamentística en el campo biológico, la aparición de textos doctrinales en este ámbito causaron preocupación cuando la Universidad Nacional de la Defensa china añadió en 2017 a la asignatura de «Ciencia de la Estrategia Militar» un capítulo sobre biología, expresando a esta como un dominio del ámbito de las operaciones militares²⁴.

Este hecho podría tener relación con la publicación por parte del general Zhang Shibo, antiguo profesor de la universidad, del libro titulado *Nuevos dominios de la guerra*, en el que se asegura que la biotecnología moderna muestra los signos de una capacidad ofensiva, incluyendo la posibilidad de ataques genéticos étnicamente específicos. Esto podría ocasionar una nueva revolución en los asuntos militares (RMA por sus siglas en inglés) tal como explica el coronel Guo Jiwei en su libro *Guerra por el dominio biológico*, en el que se enfatiza la superioridad y la acción de mando en el enfrentamiento en el ámbito biológico²⁵.

En noviembre de 2019 el doctor Li Wenliang trató de alertar del brote de la pandemia de SARS CoV-2, por su parecido con la epidemia de 2003. Las autoridades acusaron a este médico de realizar comentarios falsos, por lo que tuvo que retractarse y

²³ Kania, E. B.; Vorndick, W. (August, 14, 2019). Weaponizing Biotech: How China's Military Is Preparing for a 'New Domain of Warfare. *Defense One*. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en: <https://www.defenseone.com/ideas/2019/08/chinas-military-pursuing-biotech/159167/>

²⁴ Verma, B. V. (2020). An assessment of china's biological warfare capabilities and need for global approach to bio-security. *The United Service Institution of India*. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en: <https://usiofindia.org/publication/cs3-strategicperspectives/an-assessment-of-chinas-biological-warfare-capabilities-and-need-for-global-approach-to-bio-security/>

²⁵ Centre for Joint Warfare Studies. (2020). Weaponizing Biotech: How China's Military is Preparing for a New Domain of Warfare. *CENJOWS*. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en: <https://cenjows.in/wp-content/uploads/2022/05/China-Weaponising-Biotech-dt-05-May-2020.pdf>

seguir tratando a sus pacientes en Wuhan, donde murió contagiado por el coronavirus²⁶. En esas mismas fechas se produjo en paralelo la sentencia contra el biofísico He Jiankui, condenado a tres años de cárcel y al pago de una multa de tres millones de yuanes. Este investigador fue encontrado culpable, junto a dos cómplices, de haber implantado dos embriones humanos genéticamente modificados en dos mujeres, engañando a los médicos que las asistían²⁷.

Cuando se extendió la enfermedad por toda la región de Wuhan las autoridades chinas expusieron que su propagación podría tener como foco el mercado local de animales vivos de la ciudad, alegando la coincidencia en un 96 por ciento del mapa genético del nuevo virus con el coronavirus de los murciélagos. Sin embargo este estudio se cuestionó cuando muchos de los infectados no poseían vínculos con dicho mercado (Anshu, 2020: 42-43).

Aunque la corriente mayoritaria se decantó por el origen natural de la enfermedad ha habido otras opiniones en contra, entre las que destacaron la del prestigioso científico Luc Montagnier, quien sospechó que el brote podría haberse originado como consecuencia de actividades de investigación en el laboratorio de Wuhan²⁸.

Igualmente las actividades ilícitas llevadas a cabo por personal chino en países occidentales ha levantado suspicacias en torno a posibles investigaciones que podrían conducir a programas de armas o a espionaje biológico. Entre los incidentes más destacados se halla la violación de la biocustodia de agentes biológicos del laboratorio canadiense de Winnipeg por parte de la doctora Xiangguo Qiu y su marido y la fuga de Estados Unidos de la presunta teniente del PLA, Yanqing Ye, al parecer con información militar y de investigación de la Universidad de Boston. Otro caso de notoriedad fue la acusación de espionaje contra el doctor

²⁶ Hegarty, S. (2020). Coronavirus en China: quién era Li Wenliang, el doctor que trató de alertar sobre el brote y de cuya muerte se cumple un año. *Servicio Mundial de la BBC*. 4 febrero. Actualizado 7 febrero 2021. [Fecha de la consulta 26/06/2022]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-51371640>

²⁷ Cyranoski, D. (January 03, 2020). What CRISPR-baby prison sentences mean for research. *Nature*. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00001-y>

²⁸ The Connexion. (March 3, 2021). French Nobel prize winner: 'Covid-19 was made in lab'. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en: <https://www.connexionfrance.com/article/French-news/Disputed-French-Nobel-winner-Luc-Montagnier-says-Covid-19-was-made-in-a-lab-laboratory>

Charles Lieber, director del Departamento de Química y Biología Química de la Universidad de Harvard²⁹.

4.3. La posición norcoreana y la pugna por su supervivencia

Las agencias gubernamentales de Estados Unidos y Corea del Sur han evaluado inconsistentemente las capacidades de guerra biológica de Corea del Norte. Los informes sobre la posibilidad de la existencia de un programa de estas características han cambiado desde la consideración de un programa completo a la capacidad de I+D, pasando por periodos de ausencia de información. Todo ello hace pensar que la opacidad norcoreana ha ocasionado que las agencias de informaciones occidentales y aliadas no tengan capacidad de penetración en las redes de investigación biológica de Corea del Norte (Harris, 2020: 4-5).

Por parte surcoreana existe la sospecha de que sus vecinos del norte tengan una capacidad dual basada en la fabricación de pesticidas y fertilizantes de tipo orgánico, hecho que causa extrañeza debido a que este tipo de productos son normalmente fabricados en el resto del mundo por la industria agroquímica.

En el año 2017 se construyó una importante planta de biofertilizantes en Gangnamgun, que enfatiza las intenciones de Kim Jong-Un de expandir este programa aparentemente pacífico. Sin embargo, esta información podría ser preocupante si se pone en contraste con la inteligencia de imágenes obtenida por los surcoreanos en 2015, en la que se observaba la existencia de posibles instalaciones de producción aptas para *Bacillus anthracis* en el Instituto de Biotecnología de Pyongyang (Kim, Philipp y Hattie, 2017: 7). Teniendo en cuenta que este instituto está en manos de la Unidad 810 del Ejército Popular y que a esta unidad se la relaciona con el asesinato de Kim Jong-Nam, hermano del dictador norcoreano, las sospechas adquirieron mayores tintes de preocupación³⁰.

²⁹ Castro Torres, J. I. El extraño caso de la doctora Qiu, el paciente saudita y la muerte del profesor Plummer (actualización junio 2021). *Documento de Análisis IEEE 24/2021*. [Fecha de la consulta 08/08/2022]. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2021/DIEEEA24_2021_JOSCAS_Caso.pdf

³⁰ Shim, E. (Feb. 22, 2017). Chemical that killed Kim Jong Nam was rubbed into face, police say. *United Press International*. [Fecha de la consulta 27/07/2022]. Disponible en: Chemical that killed Kim Jong Nam was rubbed into face, police say - UPI.com

Los informes norteamericanos no fueron excesivamente concluyentes hasta que en 2020 un documento del ejército estadounidense apuntó la posibilidad de que Corea del Norte hubiese producido ántrax y viruela y que contemplase la posibilidad de utilizar misiles como vectores de lanzamiento. Para dar mayor consistencia a esta posibilidad se señalaba que un soldado norcoreano que había desertado había sido vacunado contra el ántrax³¹. No obstante, este dato no tiene por qué pasar de lo anecdótico, dado que las fuerzas armadas norcoreanas siguen una política de vacunación parecida a la de la antigua Unión Soviética.

El anuncio en 2020 por parte de las autoridades norcoreanas sobre el desarrollo de una vacuna contra la COVID-19 hizo de nuevo saltar las alarmas sobre un avance en el posible programa de armas biológicas de Corea del Norte. La inquietud vino dada por las intenciones norcoreanas de adquisición de material para la producción de vacunas como una supuesta artimaña, para que las inquietudes humanitarias de los suministradores superasen las preocupaciones de los servicios de inteligencia occidentales y chinos sobre una posible contribución al programa de guerra biológica norcoreano³².

Todo lo anterior lleva a la probabilidad de la existencia de una hipotética capacidad dual de los norcoreanos para la producción de agentes de guerra biológica, aunque parece que sus limitaciones tecnológicas no les darían la posibilidad de la edición genética sofisticada. Sin embargo, las inconsistencias de los servicios de inteligencia, debido a la opacidad del régimen, hacen que las informaciones aportadas no puedan proporcionar análisis lo suficientemente fehacientes para poder demostrar las intenciones norcoreanas.

5. Conclusiones: sin poder demostrarlo ni negarlo

Es muy posible que las armas biológicas continúen teniendo un interés especial para determinados actores estatales. No obstante las circunstancias para su empleo o atribución han cambiado con las nuevas formas y usos de la evolución de los conflictos.

³¹ US Department of the Army. (July 2020). *North Korea Tactics. Army Techniques Publication 7-100.2*. Pp. I-14 y G-3.

³² Ralph, E. (July 28, 2020). How Covid-19 Could Give Kim Jong Un a Doomsday Weapon. *Politico*. [Fecha de la consulta 24/07/2022]. Disponible en <https://www.politico.com/news/magazine/2020/07/28/north-korea-coronavirusvaccine-385096>

Parece quedar claro que no es conveniente mostrar abiertamente este tipo de capacidades por las connotaciones que puede tener en el sistema internacional y ante las propias opiniones públicas. Incluso si se produjese un incidente armado de este tipo con posible atribución, la alta posibilidad de efectos no deseados y daños colaterales aconsejarían ocultar a toda costa la autoría del hecho.

En todo caso, un programa de estas características se puede mantener en una fase de capacidad latente, identificando los medios de producción para las siguientes etapas y teniendo en cuenta la facilidad que existe para que la tecnología dual pueda estar presente detrás de un programa encubierto. Igualmente se pueden utilizar acusaciones y falsas noticias para llevar a cabo acciones de desinformación sobre un oponente, que puedan poner en tela de juicio su prestigio internacional y que su intervención pueda además ser cuestionada por su propia opinión pública.

Este nuevo entorno del conflicto se adapta de manera especial a la denominada zona gris, donde sin existir declaraciones expresas del empleo de hostilidades se puede intentar causar un grave perjuicio a un adversario.

Igualmente esta zona indefinida se adapta perfectamente al empleo de procedimientos de guerra híbrida, en el paso de la competición al enfrentamiento abierto. Por ello podría ser factible la aparición de brotes epidemiológicos no atribuibles en zonas de actuación de grupos organizados o terroristas o incluso tras la aparición de unidades de operaciones especiales, drones u otros vectores de proyección, incluyendo plagas de insectos. Una característica que levantaría las sospechas en este tipo de incidentes sería la ventana o oportunidad que colocaría al posible agresor en una posición de superioridad tras la ocurrencia del suceso.

Las nuevas tecnologías ponen de manifiesto la facilidad de producción de armamento biológico, a un coste mucho menor. Además, aparte de producir agentes comunes asociados a enfermedades endémicas, existe la posibilidad de producir agentes mejorados con algún tipo de nueva ganancia o incluso algún agresivo modificado genéticamente hasta tal extremo que sea capaz de actuar sobre grupos con características étnicas específicas.

El entorno del conflicto biológico tiene todavía mucho por explorar y los cambios que se pudieran producir no tienen por qué quedar tan solo en el ámbito de los posibles daños que pueda recibir una fuerza hostil. En este sentido se pueden aplicar

técnicas de edición genética para mejorar la respuesta de las fuerzas propias del agresor, aumentando su resistencia a la fatiga o potenciando determinadas capacidades que les proporcionen una clara ventaja sobre sus oponentes. En este caso se abre también un debate ético sobre la manipulación de los seres humanos para la obtención de mejores resultados y rendimientos, que podrían conducir a programas militares de carácter eugenésico. Desgraciadamente, cuando este tipo de programas se han aplicado en determinados momentos históricos de la humanidad, los resultados han sido catastróficos para los individuos o las poblaciones más débiles.

Se abre de esta manera un nuevo ámbito en el que se desarrollarán las operaciones en el futuro, quedando atrás la taxonomía que los separaba, aunque entre todos ellos existen zonas de solapamiento. El nuevo ámbito biotecnológico tendrá su propio espacio, causando una nueva revolución en los asuntos militares (RMA por sus siglas en inglés). Muy posiblemente el futuro contemple al menos tres campos de estudio que marcarán los límites de este nuevo ámbito.

El primero de ellos estaría afectado por la producción de agentes y sus contramedidas, buscando posiblemente causar daños selectivos sobre los intereses o las fuerzas de un actor oponente. Como contrapartidas posiblemente surgirán los medios para paliar los efectos de la agresión, pudiendo aparecer nuevas vacunas y medicamentos, así como medios de defensa NBQ.

El segundo de los campos que podría abarcar este ámbito ha sido la ya referida mejora de capacidades propias. Dentro de ella habría que estudiar dos posibles subdivisiones; una de estas para incrementar las capacidades de los sujetos de estudio sin ningún tipo de modificación sobre estos, siendo de especial interés la aparición de nuevos medicamentos que mejoren la eficacia de las cualidades físicas e intelectuales de los individuos. La segunda subdivisión pasaría por la actuación sobre la base genética de los seres humanos o de determinadas especies animales, mejorando su efectividad. Llevado este concepto al extremo, la actuación sobre líneas germinales podría conducir a la producción de combatientes especialmente preparados para la guerra.

Por último se puede considerar que los avances en biotecnología también traerán aparejada la aparición de biomateriales de aplicación militar. Es posible que el futuro traiga un salto en la aplicación de tejidos neuronales a la inteligencia artificial o que

se puedan producir a partir de elementos biológicos nuevos dispositivos para las comunicaciones, detección e identificación en el campo de batalla. Igualmente el campo de la biotecnología se abre a la fabricación de materiales de alta resistencia, pesos aligerados y bajos costes, necesarios para la protección de la fuerza. Aunque estas son algunas de las posibilidades, el campo de la investigación militar en este sentido se hace prácticamente infinito.

Sobre estas nuevas bases se puede concluir que en un futuro, las operaciones militares podrían estar totalmente afectadas por el ámbito biológico y que se hace necesario un seguimiento detallado de la evolución de los acontecimientos para, en el menor de los casos, asegurar las medidas necesarias para la protección de los intereses nacionales y la vida de sus ciudadanos así como asegurar la capacidad de supervivencia de las fuerzas armadas en el nuevo ámbito de las operaciones que muy posiblemente se sumará en breve a los ya existentes.

6. Bibliografía

- Ainscough, M. J. (2002). Next Generation of Bioweapons. The technology of genetics and bioengineering applied to warfare and terrorism. *Air War College*. Alabama.
- Bellali, S., et al. (2020). A new protectant medium preserving bacterial viability after freeze drying. *Microbiological research*. Vol. 236, p. 126454.
- Carvalho, S. B., et al. (2019). Membrane-based approach for the downstream processing of influenza virus-like particles. *Biotechnology journal*. Vol. 14, n.º 8.
- Castro Torres, J. I. (2021). El extraño caso de la doctora Qiu, el paciente saudita y la muerte del profesor Plummer (actualización junio 2021). *Documento de Análisis IEEE 24/2021*.
- Centre for Strategic and International Studies. (2006). The Biological Weapons Threat And Nonproliferation Options. A Survey Of Senior U.S. Decision Makers And Policy Shapers. *CSIS*.
- Chansoria, M. (2014). Chemical and Biological Weapons: Multilateral Regimes and China's Compliance. *CLAWS Journal*. Summer 2014.
- Cique Moya, A. (2017). *Biohacking y biohackers: amenazas y oportunidades*. *Documento de Opinión IEEE 93/2017*.

- Cole, L. A. (2016). Open-air biowarfare testing and the evolution of values. *Health security*. Vol. 14, n.º 5.
- Croddy, E. (2002). *Chemical and Biological Warfare: A Comprehensive Survey for the Concerned Citizen*. Springer.
- Dieuliis, D.; Giordano, J. (2018). Gene editing using CRISPR/Cas9: implications for dual-use and biosecurity. *Protein & Cell*. Vol. 9, n.º 3.
- Harris, E. D. (2020). North Korea and Biological Weapons: Assessing the Evidence. The Stimson Center.
- Hoffman, F. G. (2007). *Conflict in the 21st century: The rise of hybrid wars*. Arlington, Potomac Institute for Policy Studies.
- Imperiale, M. J.; Casadevall, A. (2018). A new approach to evaluating the risk-benefit equation for dual-use and gain-of-function research of concern. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. Vol. 6.
- International Task Force 23. (2002). Development of a Tri-national Biodefense Concept. CA/US/UK Memorandum of Understanding.
- Joshi, A. (2020). The COVID-19 Outbreak: Learnings and The Way Ahead CBW Magazine. *Journal on Chemical and Biological Weapons*. January-June. Volume 13 Issue: 2.
- Kallenborn, Z.; Bleek, P. C. (2018). Swarming destruction: drone swarms and chemical, biological, radiological, and nuclear weapons. *The nonproliferation review*. Vol. 25, n.º 5-6.
- Kim, H.-K.; Philipp, E.; Chung, H. (2017). The Known and Unknown. North Korea's Biological Weapons Program. *Belfer Center for Science and International Affairs*.
- Kwiat, M. (2020). Pandemics, Grey Zone Warfare, and (Inter) National Security. *Israel Journal of Foreign Affairs*. Vol. 14, n.º 2.
- Lee, Y.-C. J.; Cowan, A.; Tankard, A. (2022). Peptide Toxins as Biothreats and the Potential for AI Systems to Enhance Biosecurity. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. Vol. 10.
- Majumdar, A. (2019). Evaluation of Biological Agents in Warfare. *International Journal of Academic Research & Development (IJAR&D)*.
- Nikolay, A., et al. (2020). Virus harvesting in perfusion culture: Choosing the right type of hollow fiber membrane. *Biotechnology and bioengineering*. Vol. 117.

- Panunzi, A., *et al.* (2022). Modelado de dinámica de fluidos computacional (CFD) basado en estudios de casos industriales de biorreactores agitados y aireados. *ACS Omega*.
- Pinto, M. I., *et al.* (2018). Production in bioreactor, toxicity and stability of a low-cost biosurfactant. *Chemical Engineering Transactions*. Vol. 64.
- Tucker, J. B.; Hooper, C. (2006). Protein engineering: Security implications: The increasing ability to manipulate protein toxins for hostile purposes has prompted calls for regulation. *EMBO reports*. Vol. 7, n.º S1.
- U.S. Congress. Office of Technology Assessment. (December 1993). *Technologies Underlying Weapons of Mass Destruction, OTA-BP-ISC-115*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- US Department of the Army. (July 2020). *North Korea Tactics. Army Techniques Publication 7-100.2*.
- VV. AA. (2022). Industrial Case-Study-Based Computational Fluid Dynamic (CFD) Modeling of Stirred and Aerated Bioreactors. *ACS Omega*. 7 (29).
- Valdes, J. J.; Valdes, E. R. Biological agents: threat and response. *Handbook of Security Science*. Springer.
- Verma, B. V. (2020). An Assessment of China's Biological Warfare Capabilities and Need for Global Approach to Bio-Security. *The United Institution Service of India*.
- Weapons Of Mass Destruction Commission, *et al.* (2006). *Weapons of Mass Destruction Commission, final report, 'Weapons of Terror: Freeing the World of Nuclear, Biological, and Chemical Arms', Stockholm, Sweden, 1 June 2006*. Weapons of Mass Destruction Commission (WMDC).
- WHO. (2004). Public health response to biological and chemical weapons. Geneva, World Health Organization.
- Zilinskas, R. A.; Mauger, P. (2018). Biosecurity in putin's russia. *Notes*. 2018, vol. 25. Boulder, CO, Lynne Rienner Publishers, Inc.
- Zoppè, M. (2022). High-level biocontainment laboratories: risks and necessity for society. *F1000Research*. Vol. 11, n.º 508.

Capítulo cuarto

El bioterrorismo y los actores no estatales

José Ignacio Castro Torres

Resumen

Las posibilidades del terrorismo biológico en agentes no estatales son reducidas. Esto no quiere decir que este tipo de acciones no sea atractivo para determinadas organizaciones, grupos o individuos. Los avances en biotecnología han aumentado las posibilidades de un nuevo tipo de bioterrorismo, basado en la modificación de los agentes a emplear. Además, la proliferación de centros de investigación biológica por todo el mundo da la posibilidad a que se puedan producir incidentes de biocustodia o biocontención. Las consecuencias de la pandemia han hecho que se replanteen los escenarios de interés para cada tipo de actor, restringiéndose en extensión para las organizaciones que quieran mantener el apoyo de su base social. En cuanto a grupos, las sectas y células apocalípticas y aceleracionistas verían con agrado una catástrofe de nivel global. La posibilidad de que individuos con hondos resentimientos o desequilibrios mentales, puedan actuar aprovechando instituciones relacionadas con la biotecnología, abre la puerta al papel de los *insiders*.

Palabras clave

Bioterrorismo, COVID-19, biocontención, biocustodia, *insiders*.

Bioterrorism and non-State actors

Abstract

Bioterrorism chances for non-State actors is small. However, it does not mean this type of action is not attractive for certain organizations, groups or individuals. Developments in biotechnology have increased new type of bioterrorism possibilities, based on modified agents to be used. In addition, proliferation of biological research centres around the world increases biosecurity or biocontainment incidents possibility. Pandemic consequences have led to rethink about interest scenarios for each type of actor, restricting the scope for organizations wanting to maintain their social base support. As far for groups are concern, apocalyptic and accelerationist sects and cells would welcome a global catastrophe. The possibility that individuals with deep resentments or mental imbalances may act taking profit of biotechnology-related institutions, opens the door to insiders role.

Keywords

Bioterrorism, COVID-19, Biocontention, biocustody, insiders.

1. Introducción¹

El mundo se ha imbuido en el fenómeno de la globalización, que ha cambiado el papel de los diferentes actores. En este ámbito la proliferación biológica no tendría por qué circunscribirse a actores estatales o incluso subestatales, si se tienen en cuenta las grandes extensiones de territorios que se hayan fuera del control de los estados nominalmente declarados. Por ello se hace pertinente el estudio de las posibilidades de organizaciones, grupos o individuos dentro de este nuevo contexto.

La desaparición del orden bipolar dejó tras sí un desorden territorial global, el descontrol de materiales y personal científico así como el auge de Internet, que facilitó el acceso de información relacionada con la biotecnología a determinados actores, ideológicamente motivados o insatisfechos. (Kelle y Schaper, 2003: 2). Tras la consecución del momento unimultipolar, el mundo se haya inmerso en un orden multipolar o multivectorial, que deja un espacio de poder para los actores no estatales.

En la actualidad, cuando se trata este tipo de actores, se asocia a estos la posibilidad del terrorismo dentro del ámbito biológico. Dentro de este ámbito se ajustan bien aquellos que buscan causar un profundo daño en aquello en que es más vulnerable una sociedad. Además, independientemente del objetivo del ataque inicial, estos actores tendrían pocos miramientos por los posibles daños colaterales que pudiesen ocasionar (Pérez Mellado, 2016: 53).

En este nuevo contexto cabe plantarse una definición de bioterrorismo. Al final del orden bipolar podría encajar con «la dispersión intencionada o la amenaza de dispersión de organismos productores de enfermedades o sustancias biológicamente activas, derivadas de organismos vivos, con el propósito de causar muerte, enfermedad, incapacidad, daño económico o temor. Estos organismos son considerados armas de destrucción o de bajas masivas» (Weinstein y Alibek, 2003: 2). Sin embargo este concepto podría ser aún más amplio y evolutivo, pudiendo ser considerado durante el momento unipolar como «la amenaza o el uso de agentes biológicos con el propósito de imponer sus

¹ Para una visión contextual sobre el terrorismo biológico hasta la aparición de la pandemia COVID 19 se sugiere la lectura del capítulo titulado Las enfermedades infecciosas: el gran desafío de seguridad en el siglo XXI, de la analista principal del IEEE D.ª M.ª del Mar Hidalgo García, dentro del Cuaderno de Estrategia N.º 203, *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*.

premisas sobre gobiernos y poblaciones a través de ataques primariamente dirigidos a civiles o recursos que puedan afectar a la economía civil (Mashiatullah y Qureshi, 2009: 436). Coincidiendo con el orden multipolar, muchos autores actuales suelen decantarse por la definición que en su día promulgaran Gary LaFree y Laura Dugan en Global Terrorism Database, que lo califica como «la amenaza o el uso de la fuerza ilegítima y violencia por un actor no estatal para obtener una meta política, económica, religiosa o social por medio del temor, la coerción o la intimidación». A esta definición no habría más que refinarla, añadiendo «mediante el empleo de agentes biológicos» para que quedase completada (Ackerman, Kallenborn y Bleek, 2022: 2).

Los avances científicos y la popularización de las nuevas tecnologías han hecho estimar que la brecha para que se pueda producir un ataque de estas características de proporciones catastróficas haya disminuido, aunque hay que reconocer que a día de hoy esta posibilidad es muy difícil para un actor no estatal. Sin embargo, la pandemia COVID-19 ha marcado un antes y un después en las posibles intenciones de los actores con fines terroristas. Por lo que habrá que estudiar la evolución de la amenaza en este sentido.

2. Los motivos del terrorismo biológico

El terrorismo biológico no suele ser atractivo para muchos grupos terroristas, que tienen la finalidad de controlar en su favor a las poblaciones civiles. Entre los múltiples motivos para no escoger esta opción se puede citar la falta de control de los efectos de su acción y las bajas masivas que podría producir entre la población. Además podrían ser afectados los propios atacantes por el manejo de estas sustancias, pudiendo ser más eficaces otros métodos como la acción directa o atentados con explosivos. Esto podría ocasionar una pérdida de apoyo por parte de los simpatizantes y adeptos, que al final se traduciría en una disminución de la base de respaldo social. Igualmente, en un entorno de guerra híbrida, si un actor estatal emplease a una organización terrorista para estos fines, debería estar muy controlada para no obtener efectos no deseados (Kelle y Schaper, 2003: 3).

La percepción a escala social de este tipo de amenaza ha sido relativamente reciente, ya que la opinión pública la relacionaba fundamentalmente con la llamada *primera guerra del Golfo*. Este clásico paradigma cambió radicalmente a caballo del cambio de siglo, con la aparición de nuevos actores impregnados de otras

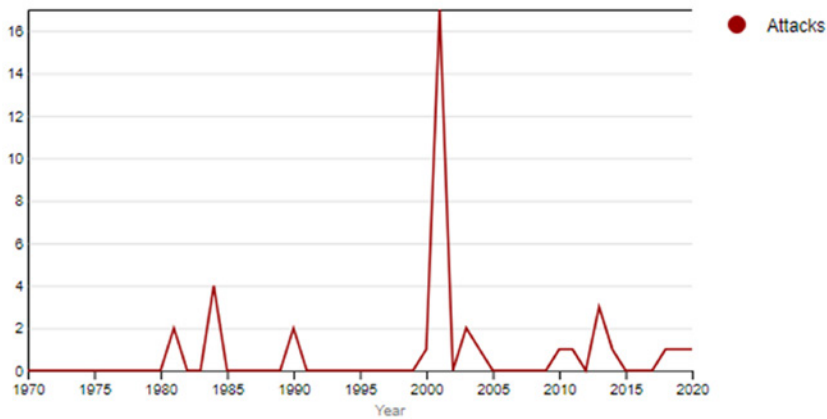


Figura 1. Ataques bioterroristas a lo largo del tiempo. Fuente: Global Terrorism Database. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: <https://www.start.umd.edu/gtd/search/Results.aspx?chart=overtime&search=BIOLOGICAL>

motivaciones. Tal es el caso de las acciones de la secta Aum Shinrikyo o los ataques individuales con ántrax en EE. UU., tras los sucesos del 11-S (Cique Moya, 2015: 127).

El repunte del terrorismo durante las dos primeras décadas del siglo ha tenido también su repercusión en el ámbito biológico. A varios de estos actores les atraía la posibilidad de actuar sobre objetivos lejanos, sin afectar a su base social, causando efectos devastadores. Las posibilidades se incrementaron al amparo de las circunstancias de un mundo globalizado, en el que tenían

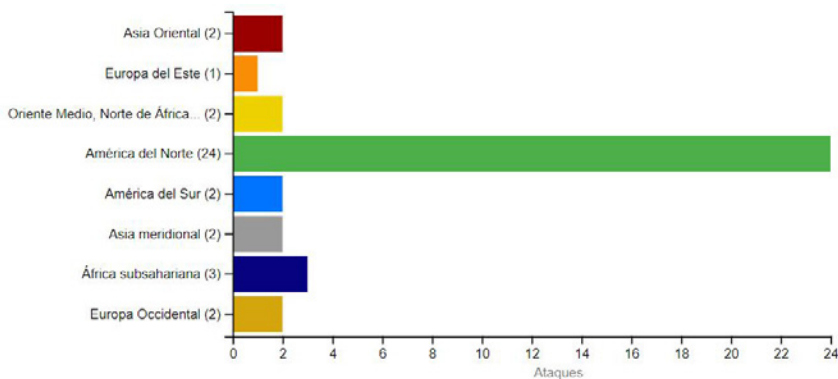


Figura 2. Regiones globales en las que se han reportado ataques bioterroristas entre 1970 y 2020 . Fuente: Global Terrorism Database. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: <https://www.start.umd.edu/gtd/search/Results.aspx?chart=overtime&search=BIOLOGICAL>

mayores posibilidades tecnológicas y en el que la comunidad internacional había demostrado su falta de eficiencia frente a epidemias como el SARS o el ébola (Hidalgo García, 2020: 64).

Se podría categorizar a los bioterroristas según la finalidad que estos persiguiesen. De este modo estos se podrían clasificar en organizaciones terroristas, grupos o células o individuos dirigidos por un estado biocriminal o relacionados con el integrismo islámico²; extremismo político (Karmon, 2020: 17); ecologismo o defensa animal radicales e idiosincrasias particulares³. En estos últimos se pueden incluir actores solitarios que hayan sufrido una decepción profesional, alimenten un odio o se encuentren mentalmente desequilibrados (Kawalya, 2020: 1086-1087).

En cuanto a las características de los componentes de estas estructuras no estatales se podrían encontrar a individuos motivados sin una formación específica, aunque también habría que contar con personal cualificado o científico, con conocimientos suficientes para la confección de un agente biológico y un rango en la jerarquía de la organización que le permitiese fomentar y coordinar un atentado de estas características. Una mención especial habría que realizar respecto a los individuos infiltrados o *insiders* dentro de entidades de producción o investigación biotecnológica o industrial, pudiendo obtener de estas conocimientos, materiales o posicionarse ventajosamente para perpetrar un ataque (Walsh, 2018: 32).

3. Los requerimientos de un acto bioterrorista planificado

No parece adecuado tratar un proyecto bioterrorista igual que un programa estatal. Sin embargo, sí se pueden considerar una serie de requerimientos que pueden ser necesarios para alcanzar la capacidad de realizar un atentado biológico con consecuencias relativamente importantes.

Se considera que para alcanzar esta capacidad serían necesarias al menos cuatro fases, más sencillas que las de un programa bio-

² Neilan, C. (September 6, 2021). Beware radical Islam and threat of bio-terror attacks, warns Tony Blair. *The Telegraph*. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: <https://www.telegraph.co.uk/politics/2021/09/06/beware-radical-islam-threat-bio-terror-attacks-warns-tony-blair/>

³ Preskitt, D. (February 07, 2018). Bioterrorism: Eco-radicals Are the Largest Threat. *Real Clear Defence*. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: https://www.realcleardefense.com/articles/2018/02/07/bioterrorism_eco-radicals_are_the_largest_threat_113024.html

lógico. Estas podrían abarcar la obtención del agente biológico, su procesamiento o cultivo, el desarrollo de un sistema para la diseminación y el ataque terrorista (Cique Moya, 2015: 9)⁴.

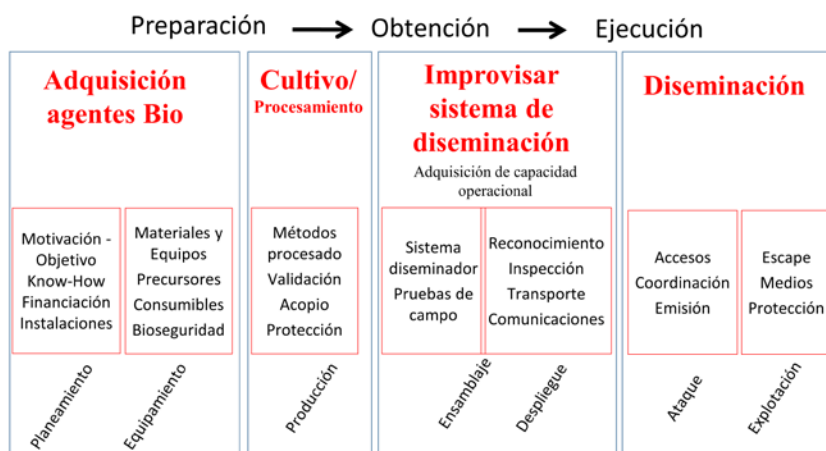


Figura 3. Retos para la adquisición de una capacidad bioterrorista.

Fuente: Cique Moya, A. (2015). Capacidad biológica del Dáesh: querer no es poder. Documento de Opinión del IEEE 130/2015. P. 9. [Fecha de la consulta 14/08/2022]. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEO130-2015_CapacidadBiologicaDaesh_AlbertoCiqueMoya.pdf

Antes de poner en marcha un proyecto de este tipo con éxito se requieren una serie de conocimientos técnicos, que muchas veces se escapan de la esfera de un solo individuo, por lo que es muy posible que se necesite un equipo multidisciplinar dentro del ámbito biológico. La idea de que un individuo con conocimientos limitados pueda iniciar un programa de estas características parece descabellada en principio, no logrando posiblemente resultados más allá de los meramente puntuales o fortuitos. No obstante hay que prestar atención a la futura evolución de la biotecnología y su difusión informativa.

No todos los organismos patógenos o toxinas se encuentran al alcance o pueden ser adecuados para un actor con fines terroristas, ya que necesitarían producir los efectos de muerte, enfermedad o daño pretendidos con unas pequeñas cantidades o en bajas

⁴ Cique Moya, A. (2015). Capacidad biológica del Dáesh: querer no es poder. Documento de Opinión del IEEE 130/2015. P. 9. [Fecha de la consulta 14/08/2022]. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEO130-2015_CapacidadBiologicaDaesh_AlbertoCiqueMoya.pdf

concentraciones. El agente debería ser altamente contagioso y tener un periodo de incubación relativamente corto, para poder reclamar la autoría del ataque; la producción de este debería ser sencilla y barata; la población objeto del ataque no debería contar con inmunidad o esta tendría que ser muy baja, además de que no debería existir una capacidad eficiente de profilaxis o tratamiento (Das y Kataria, 2010: 256).

El Centro de Control y Prevención de las Enfermedades (CDC) de EE. UU. ha realizado una taxonomía de estos agentes, para seres humanos, clasificándolos en varias categorías. La categoría A implica que es fácilmente transmisible, puede tener altos índices de morbilidad y mortalidad, afectar el orden social y requieren una especial preparación por parte de los servicios de salud pública. En la categoría B se incluirían aquellos que se pueden transmitir con relativa facilidad, sus índices de mortalidad y morbilidad son más moderados y requieren ciertas mejoras en los servicios de salud pública. En cuanto a la Categoría C se tienen en cuenta a aquellos patógenos emergentes que en un futuro podrían ser utilizados como agentes biológicos debido a su disponibilidad, facilidad de producción y dispersión, importantes tasas de morbilidad y mortalidad y su impacto sobre los sistemas de salud.

Agentes de categoría A	Agentes de categoría B	Agentes de categoría C
Bacillus anthracis (ántrax)	Especies de Brucella (brucelosis)	Hantavirus
Toxina de Clostridium botulinum (botulismo)	Toxina épsilon de Clostridium perfringens	Tuberculosis multirresistente
Francisella tularensis (tularemia)	Burkholderia mallei (muermo)	Virus nipah
Variola mayor (viruela)	Melioidosis (Burkholderia pseudomallei)	Virus de la encefalitis transmitida por garrapatas
Yersinia pestis (peste)	Psitacosis (Chlamydia psittaci)	Virus de la fiebre hemorrágica transmitidos por garrapatas
Filovirus	Coxiella burnetii (fiebre Q)	Fiebre amarilla
Virus del ébola (fiebre hemorrágica del ébola)	Toxina de ricina de Ricinus communis	
Virus de Marburgo (fiebre hemorrágica de Marburgo)	Enterotoxina estafilocócica B	

Agentes de categoría A	Agentes de categoría B	Agentes de categoría C
Virus arena, incluyendo virus Machupo, Junín (fiebre hemorrágica argentina) y virus relacionados Virus de Lassa (fiebre de Lassa)	Fiebre tifoidea (Rickettsia prowazekii) Virus de la encefalomiелitis equina oriental y occidental (EEE, WEE), encefalomiелitis equina venezolana (EEV) y virus alfa <i>Patógenos transmisibles por agua.</i> Cryptosporidium parvum Vibrio cholerae <i>Patógenos transmisibles por alimentos.</i> Escherichia coli O157: H7 Especies de salmonella Shigella dysenteriae	

Figura 4. Clasificación de los principales agentes biológicos según las categorías del CDC. Fuente: elaboración propia a partir de la documentación aportada

Aunque la tabla anterior muestra una amplia gama de posibilidades, lo cierto es que una organización o individuo pueden tener serias dificultades para obtener algunas de ellas (prácticamente imposible en el caso de la viruela con la tecnología actual). En algunos casos es complicado preparar el agente para su propagación por vía atípica y tampoco es fácil evitar la degradación en el transporte y la dispersión durante el ataque.

Los métodos de dispersión podrían abarcar la producción de aerosoles desde aeronaves (incluidos drones) o mediante generadores de spray situados en lugares elevados (como edificios); también sería factible el empleo de municiones de baja potencia, que evitasen en la medida de lo posible la destrucción del agente; el método de entrega postal es posible, aunque se reduciría drásticamente el número de individuos afectados; otra posibilidad sería el empleo de vectores (humanos, animales o plantas) que

se infiltrasen soslayando los controles fronterizos (Das y Kataria, 2010: 259).

También se podría contemplar la introducción de especies en ecosistemas en las que estas no se encuentran presentes. Se han dado múltiples casos accidentales de este tipo, debido a que el fenómeno de la globalización ha puesto más que nunca en contacto a personas y mercancías desde todas las partes del mundo. Igualmente el cambio climático facilita la supervivencia de especies que anteriormente quedaban restringidas a determinadas áreas geográficas (Nazir Chaudhry, 2018: 1-4).

4. La evolución del bioterrorismo tras la COVID-19

Una vez tratados los motivos que a un actor le pueden llevar a cometer actos de bioterrorismo y los requerimientos necesarios para que estos puedan ser llevados a cabo, se estima pertinente la integración de ambos para estudiar las posibilidades de este tipo de amenaza. Se considera igualmente interesante abordar la cuestión desde el enfoque de un acontecimiento significativo, como puede haber supuesto la pandemia.

Para ello se hará una visión retrospectiva desde la época posterior a los atentados de 2001, tras los sucesos del 11-S, en el que se produjeron en EE. UU. varios ataques con ántrax por parte de un individuo que había participado en un programa de investigación. No obstante, por tratarse de incidentes que podrían repetirse en nuestros días, conviene no perder de vista el inefectivo empleo de ántrax por parte de la secta Aum Shinrikyo en la localidad japonesa de Kameido en 1993 (Takahashi, 2004: 119). También hay que tener en cuenta el atentado que realizó la secta Osho en una localidad de Oregón en 1984, contaminando alimentos con salmonella (Miller, Broad y Engelberg, 2012: 17-19).

Durante el presente siglo han acaecido sucesos tecnológicos que podrían afectar a las posibilidades del terrorismo biológico. La controversia sobre las posibilidades de uso dual de agentes biológicos llegó cuando se publicó en 2001 un estudio sobre la alteración del virus de la viruela del ratón, para producir su infertilidad, con el objeto de reducir la plaga de estos animales que había en Australia. Los resultados obtenidos por Ronald Jackson e Ian Ramshaw mostraron que el virus modificado era capaz de matar tanto a ratones naturalmente resistentes, como a los vacunados contra el virus. El temor a que estas técnicas se pudiesen aplicar

a otros tipos de viruela, que afectase a los seres humanos, causó una honda preocupación (Selgelid, 2010: 18).

Otro de estos sucesos fue la reconstrucción en 2005 del virus H1N1 de la mal llamada gripe española, que causó una elevada mortalidad global a finales de la I Guerra Mundial. La intención de esta investigación, liderada por CDC, fue estudiar genéticamente este virus para prevenir o paliar otras posibles pandemias en un futuro (Tumpey, 2005: 77-80).

Igualmente, en 2011 los virólogos Ron Fouchier y Yoshihiro Kawaoka anunciaron, en investigaciones separadas, haber transformado el virus H5N1 de la gripe aviar para que fuese transmisible a través de mamíferos y así poder estudiar sus posibles vacunas. Esto causó una importante preocupación en los gobiernos y la comunidad científica, teniendo en cuenta la difusión de los artículos y que la letalidad del virus en humanos podría alcanzar el 60 por ciento. La recomendación de sesgar las publicaciones levantó críticas, ya que muchos investigadores llegaron a la conclusión de que no es nada fácil replicar las condiciones específicas de laboratorios altamente especializados (Vogel, 2013: 57).

Otro hito tecnológico significativo fue la reconstrucción del virus de la viruela equina en el año 2018 y la publicación abierta de la investigación, con las finalidades de lucha contra el cáncer y mejora de vacunas. Este hecho levantó aún más las alertas de la comunidad científica, planteando dilemas éticos sobre la investigación con tecnologías de doble uso y su difusión abierta (Noyce, Lederman, Evans, 2018: 7).

Últimamente la accesibilidad de la biotecnología podría poner en manos maliciosas estas capacidades. Los *biohackers* y la popularización del movimiento *Do It Yourself biotechnology*, junto a la difusión de información a través de Internet es una potente herramienta para impulsar el progreso científico en comunidad. Muchos de estos *biohackers* han confesado no tener profundos conocimientos sobre biología, pero han podido aprender determinadas técnicas gracias a la difusión de la información y a la facilidad para la obtención del material⁵. No obstante, grupos con finalidades criminales podrían tener serias dificultades para producir este tipo de agentes modificados o con características que facilitasen su diseminación.

⁵ Kaminska, I. (September 21, 2021). Bioterror: the dangers of garage scientists manipulating DNA. *Financial Times*. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: <https://www.ft.com/content/9ac7f1c0-1468-4dc7-88dd-1370ead42371>

Más lejos aún queda la aplicación de la tecnología CRISPR, por lo que habrá que observar la evolución y difusión de estos conocimientos en el futuro. A pesar de ello existe la preocupación en este sentido desde la Administración Obama en los EE. UU⁶.

En cuanto a las intenciones de organizaciones terroristas previamente a la COVID, actores de ideología religiosa como el Dáesh vieron en la epidemia de ébola una oportunidad. La aparición de diversos brotes entre 2014 y 2016 pudo haberse aprovechado para extender la enfermedad por África y llegar a Europa, sacrificando a personas que utilizarían como vectores, bajo la denominación de «mártires del ébola»⁷. Este mismo grupo en el año 2019 lanzó una campaña a través de Internet para fomentar el terrorismo biológico, proporcionando instrucciones para la confección de agentes y su diseminación (EUROPOL, 2020: 21).

Table 1: Bioterrorism Classification Schema: Estimated Values Pre-COVID-19

Threat Vectors	Threat Actors (non-exhaustive)						Capability					
	Motivation						Capability					
	Islamist Extremist (mostly Sunni)	Apocalyptic/Millennarian Cult	Ethno-National	Extreme Far-Right	Extreme Far-Left	Animal Rights/Revision.	Lone Actor	Lone Scientist/Insider	Small Homegrown Cell	Formal Terrorist Organization	State-Sponsored Terrorist Organization	
Agents (including Acquisition, Culturing, Formulation)												
<i>Contagious</i>												
Crude (e.g., common cold viruses; naturally occurring influenza)	Medium	Low	Medium	Medium	Low	Medium	Medium	Very High	High	Very High	Very High	
Moderate (e.g., T. Paratub. Highly Pathogenic Avian Influenza; MERS)	High	High	Very Low	Medium	Very Low	Medium	Low	High	Low	Medium	High	
Sophisticated (e.g., smallpox; synthesized coronavirus)	Medium	Very High	Very Low	Low	Very Low	Medium	Very Low	Medium	Very Low	Low	Medium	
<i>Non-Contagious</i>												
Crude (e.g., raw sewage; ricin; foot and mouth disease virus)	High	Low	Medium	Very High	Low	Medium	Medium	Very High	High	Very High	Very High	
Moderate (e.g., F. tularensis, B. anthracis, botulinum toxin)	High	High	Medium	High	Very Low	Medium	Low	High	Low	Medium	High	
Sophisticated (e.g., bio-engineered antibiotic-resistant B. anthracis; encapsulated toxin)	Medium	High	Very Low	Low	Very Low	Medium	Very Low	Medium	Very Low	Very Low	Medium	
Delivery Mechanism												
Aerosol/Spray (includes ventilation system dispersal)	Medium	Very High	Medium	High	Low	Low	Very Low	Medium	Low	Medium	High	
Direct Contact/Laurel*	Medium	High	Low	High	Medium	Medium	Medium	High	Medium	Very High	Very High	
Food/Product Contamination	Medium	Medium	Medium	High	Medium	Medium	Medium	Very High	Medium	High	Very High	
Explosive (including munitions like rockets, bombs, etc.)	High	Low	High	Medium	Medium	Very Low	Very Low	Low	Low	Medium	High	
Animal Vectors	Low	Medium	Very Low	Low	Very Low	High	Very Low	Medium	Very Low	Low	High	
Mail	Medium	Low	Low	Low	Low	Medium	Medium	Very High	Medium	High	Very High	
Water Supply	Medium	Medium	Medium	High	Medium	Medium	Very Low	Medium	Low	Medium	High	

* mainly relevant for contagious agents

Figura 5. Estimación de las intenciones y posibilidades del terrorismo biológico antes de la COVID-19- Fuente: Ackerman, G. A.; Kallenborn, Z.; Bleek, P. C. (May 2022). Going Viral? Implications of COVID-19 for Bioterrorism. En: CTC Sentinel, Special Issue: The Biological Threat - Part Two. P. 9.

⁶ Mullin, E. (November 17, 2016). Obama Advisers Urge Action Against CRISPR BioterrorThreat. *MIT Technology Review*. [Fecha de la consulta 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/2016/11/17/69589/obama-advisers-urge-action-against-crispr-bioterror-threat/>

⁷ Cique Moya, A. (2015). Amenaza terrorista y ébola. *Documento de Opinión 13/2015*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. P.8. [Fecha de la consulta 15/08/2022]. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEO13-2015_AmenazaBioterrorista-Ebola_A.CiqueMoya.pdf

La pandemia ha dejado tras sí numerosos interrogantes sobre la evolución del bioterrorismo. Si el daño que ha hecho esta ha sido descomunal, tratándose de un origen natural o cuanto menos no intencionado, cabe plantearse qué es lo que podría ocurrir en el caso de que un actor buscase causar una catástrofe de semejantes características.

Esto podría ser un especial acicate para grupos de tipo apocalíptico o aceleracionista y es posible que los lugares en los que comiencen a llevar a cabo sus actividades ilícitas sean aquellas zonas en las que se estén desarrollando vacunas y manipulando agentes patógenos. Sin embargo, otros, con unas metas más definidas, podrían haber llegado a la conclusión que una extensión desproporcionada del daño podría volverse contra ellos por el descrédito que causaría la devastación de los efectos (Ackerman, Kallenborn y Bleek, 2022: 1). En este sentido, el secretario general de la ONU, Antonio Guterres, declaró en 2020 que «las debilidades y la carencia de preparación que ha mostrado esta pandemia ofrecen un escenario que muestra cómo podría desarrollarse un ataque bioterrorista»⁸.

Además, la percepción del repunte del terrorismo específicamente yihadista tras la COVID ha vuelto a ponerse en el centro de atención, aunque focalizando sus objetivos. En dicha línea se pudo observar en noviembre de 2020 el llamamiento a «los lobos del islam» de la revista *Lobos de Manhattan*, partidaria de Al Qaeda, para que repartiesen mascarillas envenenadas⁹. En el mismo año el Daesh publicó un poster que bajo el título de «terror biológico» llamaba a sus acólitos a dispersar veneno durante reuniones y en productos alimenticios (Santhana, 2021: 21).

A este respecto un prestigioso personaje, como el expresidente británico Tony Blair, en 2021 calificó a esta amenaza como de primer orden para Occidente y que este debe estar preparado

⁸ United Nations Office of Counter-Terrorism. Preventing and Countering Bio-terrorism in the wake of COVID-19. [Consultado 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.un.org/counterterrorism/events/Preventing-and-Countering-Bioterrorism-in-the-wake-of-COVID-19>

⁹ MEMRI. (November 30, 2020). Article In New Pro-Al-Qaeda Magazine 'Wolves Of Manhattan' Urges 'Lone Wolves' In The West To Exploit Coronavirus Pandemic By Handing Out Poisoned Masks, Burning Cars Of 'Crusaders. [Fecha de la consulta 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.memri.org/jttm/article-new-pro-al-qaeda-magazine-wolves-manhattan-urges-lone-wolves-west-exploit-coronavirus>

para un ataque biológico¹⁰. En un mismo tono se expresó el anterior jefe del Regimiento CBRN británico, coronel Bretton-Gordon, quien teme que la pandemia haya establecido un modelo a seguir por los terroristas. En esta línea estaría su preocupación por muchos laboratorios de nivel de bioseguridad 3 (BLS-3), que se encuentran en regiones donde los estados fallidos no son capaces de ejercer su control¹¹.

Un temor parecido ha recorrido una buena parte de la comunidad científica, que no puede asegurar que el origen de la pandemia no haya sido un fallo de bioseguridad en el Instituto de Virología de Wuhan. Teniendo en cuenta la multitud de accidentes que ha habido en laboratorios y la gran cantidad de estos que existen por el mundo, no sería descartable un nuevo accidente o incidente de bioseguridad de consecuencias catastróficas¹².

También existen voces que atemperan esta teoría argumentando que, aunque el deseo de perpetrar ataques bioterroristas sea persistente, si se llevase a cabo no sería tan fácil que adquiriese dimensiones desproporcionadas. Aunque los avances científicos estén haciendo desaparecer las barreras al bioterrorismo, el papel que jugaría la investigación sobre COVID no sería relevante para estas. Sin embargo, no queda otro remedio que aceptar la posibilidad de que la proliferación de laboratorios ofrezca oportunidades para la sustracción de agentes biológicos o materiales, así como para adquirir conocimientos en el caso de infiltrar personal en las instalaciones¹³.

¹⁰ Reuters. (September 6, 2021). Former UK PM Blair warns West should prepare for bio-terrorism threat. [Fecha de la consulta 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.reuters.com/world/uk/former-uk-pm-blair-warns-west-should-prepare-bio-terrorism-threat-2021-09-06/>

¹¹ Nicol, M. (March 15, 2021). Enemies 'could create new Covid as weapon': Former colonel issues bleak warning over threat of biological warfar. *Mailonline*. [Fecha de la consulta 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-9362025/Former-colonel-issues-bleak-warning-threat-biological-warfare.html>

¹² Piper, K. (Apr 5, 2022). Why experts are terrified of a human-made pandemic — and what we can do to stop it. *Vox*. [Consultado 16/08/2022]. Disponible en: <https://www.vox.com/22937531/virus-lab-safety-pandemic-prevention>

¹³ Ackerman, G. A.; Kallenborn, Z.; Bleek, P. C. (August 11, 2022). Why COVID probably hasn't helped bioterrorists, despite fears. *Bulletin of Atomic Scientist*. [Fecha de la consulta 16/08/2022]. Disponible en: <https://thebulletin.org/2022/08/why-covid-probably-hasnt-helped-bioterrorists-despite-fears/>

Table 2: Bioterrorism Classification Schema: Estimated Values Post-COVID-19, with changes highlighted (reductions with blue border, increases with red border)

Threat Vectors	Threat Actors (non-exhaustive)						Capability					
	Islamist Extremist (mostly Sunni)	Apoocalyptic/Millennarian Cult	Ethno-National	Extreme Far-Right	Extreme Far-Left	Animal Rights/Environ.	Lone Actor	Lone Scientist/Insider	Small Homegrown Cell	Formal Terrorist Organization	State-Sponsored Terrorist Organization	
Agents (including Acquisition, Culturing, Formulation)												
<i>Contagious</i>												
Crude (e.g., common cold viruses; naturally occurring influenza)	Low/Medium	Medium	Low	Low	Very Low	Medium/High	Medium	Very High	High	Very High	Very High	
Moderate (e.g., Y. Pestis; Highly Pathogenic Avian Influenza; MERS)	Medium/High**	Very High	Very Low	Low	Very Low	High	Low	High	Medium	Medium	High	
Sophisticated (e.g., smallpox; synthesized coronavirus)	Low/Medium	Very High	Very Low	Medium	Very Low	High	Very Low	High	Low	Low	High	
<i>Non-Contagious</i>												
Crude (e.g., raw sewage; ricin; foot and mouth disease virus)	High	Low	Medium	Very High	Low	Medium	Medium	Very High	High	Very High	Very High	
Moderate (e.g., F. tularensis; B. anthracis; botulinum toxin)	High	High	Medium	High	Very Low	Medium	Low	High	Low	Medium	High	
Sophisticated (e.g., bio-engineered antibiotic-resistant B. anthracis; encapsulated toxin)	Medium	High	Very Low	Low	Very Low	Medium	Very Low	Medium	Very Low	Very Low	High	
Delivery Mechanism												
Aerosol/Spray (includes ventilation system dispersal)	Medium	Very High	Medium	High	Low	Low	Very Low	High	Low	Medium	High	
Direct Contact/Laurel*	Medium	High	Low	High	Medium	Medium	Medium	High	Medium	Very High	Very High	
Food/Product Contamination	Medium	Medium	Medium	High	Medium	Medium	Medium	Very High	Medium	High	Very High	
Explosive (including munitions like rockets, bombs, etc.)	High	Low	High	Medium	Medium	Very Low	Very Low	Low	Low	Medium	High	
Animal Vectors	Low	Medium	Very Low	Low	Very Low	High	Very Low	Medium	Very Low	Low	High	
Mail	Medium	Low	Low	Low	Low	Medium	Medium	Very High	Medium	High	Very High	
Water Supply	Medium	Medium	High	Medium	Medium	Medium	Very Low	Medium	Low	Medium	High	

* mainly relevant for contagious agents

** The lowering of motivation only applies to the less apocalyptically focused elements of the Islamist extremist milieu.

Figura 6. Estimación de las intenciones y posibilidades del terrorismo biológico después de la COVID-19. Fuente: Ackerman, G. A.; Kallenborn, Z.; Bleek, P. C. (May 2022). Going Viral? Implications of COVID-19 for Bioterrorism. En: CTC Sentinel, Special Issue: The Biological Threat - Part Two. P. 10.

5. Conclusiones

Las intenciones y capacidades del terrorismo biológico han evolucionado a lo largo del tiempo movidas por dos factores principales. El primero es la ideología de los actores susceptibles de cometer un acto bioterrorista y otro es la evolución de la tecnología, que permita la comisión de dichos actos.

Se observa a lo largo de una línea temporal el acaecimiento de sucesos que dan lugar a que se produzcan diferentes etapas que afectan a las posibilidades del bioterrorismo, sin que estas sean estancas, aunque sí solapables a lo largo de un recorrido histórico. No se trata en este documento, por encontrarse ya referido, la época del mundo bipolar y los grandes programas nacionales, donde se pueden encontrar asesinatos selectivos, como es el caso del disidente Gregory Markov. Sin embargo, la desaparición de la antigua URSS daría paso al momento unimultipolar en el que se intentó recuperar el personal científico y los materiales provenientes de estos programas, para que no cayesen en manos sin escrúpulos. También en esta corta época, el vacío de poder global dio como resultado el auge en la escena internacional de

otros actores diferentes a los estados con capacidad de llevar a cabo actos bioterroristas.

Quizás la constatación del orden multipolar quedó de manifiesto tras los sucesos del 11-S de 2001, que conmocionaron al mundo al demostrar que el fenómeno del terrorismo a gran escala podía alcanzar los territorios y las poblaciones de los estados más desarrollados. Para el terrorismo biológico se abrió también la posibilidad de llevar los ataques a cualquier lugar, donde además se podría actuar sin poner en riesgo el apoyo de las bases sociales que sustentan este tipo de movimientos. El asentamiento de la globalización a lo largo de estos primeros años, con la profusión de flujos de información, personas y productos, dieron a los movimientos terroristas la posibilidad de extenderse mundialmente y aproximarse al conocimiento científico.

Tras la primera década de siglo se abrieron nuevas posibilidades para el terrorismo, por el salto que se produjo en el ámbito biológico. Las grandes revoluciones humanas se han producido en espiral sobre tres principales parámetros como pueden ser la vida, la energía y la tecnología. En este caso, el impulso de la segunda gran revolución basada en la vida ha traído consigo la posibilidad de la modificación de parámetros genéticos. Esto ha sido de gran atención para las posibilidades del terrorismo, que podría sacar provecho a lo largo que evolucione la biotecnología. La proliferación de laboratorios y centros de investigación de este tipo, con grandes necesidades de personal y dificultades de control y seguridad, han constituido un terreno abonado para la captación de acólitos, materiales y conocimientos.

A pesar de las nuevas posibilidades de la biotecnología siempre han permanecido como trasfondo las oportunidades que brinda la utilización más básica de los agentes biológicos, como pueden ser determinadas bacterias y toxinas, o la extensión de enfermedades mediante la introducción de un individuo infectado.

Otro importante suceso ha sido la aparición de la pandemia, que ha cambiado de nuevo los parámetros en los que el terrorismo puede ser capaz de actuar. Por una parte ha demostrado que un ataque descontrolado de estas características podría afectar el apoyo popular de las grandes organizaciones terroristas, por lo que estas se han planteado seriamente no desarrollar programas que puedan afectar a las bases sociales que sustentan sus movimientos. Sin embargo, parecen perfectamente factibles atentados contra grandes objetivos de poblaciones lejanos a sus

áreas de origen, pudiendo ser los países occidentales un blanco apetecible por este tipo de organizaciones.

Un planteamiento diferenciado podría contemplarse para otros movimientos con características sectarias. Entre ellos se podrían citar las sectas de tipo apocalíptico, entre los que destacarían los aceleracionistas, convencidos de que el fracasado orden global debe colapsar cuanto antes. El empleo indiscriminado de un agente biológico que causase una catástrofe sería para estos grupos una forma de llegar cuanto antes a un nuevo orden religioso, económico, político o ecológico sin pasar por una larga transición.

Por último habría que estudiar a los individuos como posibles perpetradores de un acto bioterrorista. Dentro de esta categoría se podrían incluir a personas movidas por intereses económicos, pero también a resentidos de un sistema que consideran que les ha dado la espalda y del que pretenden de algún modo vengarse. Esto podría derivar en auténticos casos patológicos, que unidos a conocimientos científicos podrían constituir un elemento a tener en cuenta.

Una vez elaboradas las posibilidades de las amenazas con una perspectiva de futuro parece oportuno buscar algunas sugerencias para prevenirlas y evitarlas. Son sabidas las recomendaciones para incrementar las capacidades de respuesta ante cualquier tipo de incidente de estas características, así como las medidas de protección y profilaxis dentro del ámbito sanitario. Igualmente las capacidades de detección e identificación de cuerpos policiales y fuerzas armadas se han tratado con profusión.

A pesar de ello hay dos aspectos de carácter preventivo en los que se considera que se debería profundizar. El primero es dotar a todas aquellas estructuras involucradas de personal con amplios conocimientos de biología, para poder prestar un asesoramiento adecuado y adaptado a las situaciones, evitando de este modo reacciones desproporcionadas o que se pasen por alto indicios conducentes a la detección de una amenaza. Esto sería de especial aplicación en todos los ámbitos de la inteligencia, no solo sanitaria, sino de los servicios de inteligencia nacionales, militares y policiales.

Otro aspecto de importancia trascendental es el incremento exponencial de las medidas de biocustodia y biocontención, evitando de este modo la dispersión del peligro biológico. Estas medidas deberían ser ampliadas para no circunscribirse a los agentes biológicos, sino que también deberían abarcar al personal y a los conocimientos e investigaciones científicas.

6. Bibliografía

- Ackerman, G. A.; Kallenborn, Z. y Bleek, P. C. (May 2022). Going Viral? Implications of COVID-19 for Bioterrorism. En: *CTC Sentinel, Special Issue: The Biological Threat - Part Two*.
- Cique Moya, A. (2011). Agentes biológicos. En: *Proliferación de ADM y de tecnología avanzada*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- Das, S. y Kataria, V. K. (2010). Bioterrorism: A public health perspective. *Medical Journal Armed Forces India*. Vol. 66, n.º 3.
- EUROPOL. (2020). European union terrorism situation and trend report 2020. European Union Agency for Law Enforcement Cooperation.
- Hidalgo García, M.^a del M. (2019). Las enfermedades infecciosas: el gran desafío de seguridad en el siglo XXI. En: *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- Karmon, E. (June, 2020). *The Radical Right's Obsession with Bio-terrorism*. Herzliya, Israel, International Institute for Counter-Terrorism.
- Kawalya, H. (2020). Bioterrorism, Bio Crimes and Politics: A Case of Chaos and Complexity. En: *Cyber Warfare and Terrorism: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. IGI Global.
- Kelle, A. y Schaper, A. (2003). Terrorism using biological and nuclear weapons: a critical analysis of risks after 11 September 2001. Peace Research Institute Frankfurt (PRIF).
- Mashiatullah, A. y Qureshi, R. M. (2020). A review of research on common biological agents and their impact on environment. *The Nucleus*. Vol. 46, n.º 4.
- Miller, J.; Broad, W. J. y Engelberg, S. (2012). *Germs: Biological weapons and America's secret war*. Simon and Schuster.
- Nazir Chaudhry, F. (January 2018). Insects as Biological Weapons. *Journal of Bioterrorism & Biodefense*. Volume 9. Issue 1.
- Noyce, R. S.; Lederman, S. y Evans, D. H. (2018). Construction of an infectious horsepox virus vaccine from chemically synthesized DNA fragments. *PloS one*. Vol. 13, n.º 1.
- Pérez Mellado, R. (2016). La amenaza biológica. Actores no estatales y biocustodia. En: *Actores no estatales y proliferación de armas de destrucción masiva. La Resolución 1540. Una aportación española*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.

- Santhana D. y Ananthan, R. (2021). Bioterrorism. Lessons from the COVID-19 Pandemic. *Counter Terrorist Trends and Analyses*. Vol. 13, n.º 2, p. 21.
- Selgelid, M. J. (2010). The mousepox experience: an interview with Ronald Jackson and Ian Ramshaw on dual-use research. *EMBO reports*. Vol. 11, n.º 1.
- Takahashi, H. (2004). Bacillus anthracis bioterrorism incident, Kameido, Tokyo, 1993. *Emerging infectious diseases*. Vol. 10, n.º 1.
- Tumpey, T. M. (2005). Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus. *Science*. Vol. 310, n.º 5745.
- Vogel, K. M. (2013). Expert knowledge in intelligence assessments: Bird flu and bioterrorism. *International Security*. Vol. 38, n.º 3.
- Walsh, P. F. (2018). The biosecurity threat environment. *Intelligence, Biosecurity and Bioterrorism*.
- Weinstein, R. S. y Alibek, K. (2003). *Biological and chemical terrorism: A guide for healthcare providers and first responders*. Thieme Medical Publishers.

Capítulo quinto

Del empleo estratégico de las armas biológicas al agroterrorismo: preparación y respuesta

*Alberto Cique Moya
Pedro Luis Lorenzo González*

Resumen

El riesgo biológico no solo se circunscribe a los seres humanos, sino que puede afectar a otros seres vivos, ya se trate de plantas o de animales.

Los sistemas productivos son vulnerables al empleo intencionado de agentes biológicos. En este contexto es preciso analizar el fenómeno del agroterrorismo que se define como la introducción deliberada de un agente patógeno, ya sea contra el ganado o en la cadena alimentaria, con el fin de socavar la estabilidad social y/o generar miedo. El sector ganadero, en función de su organización y desarrollo, puede ser más sensible a los efectos de diseminación intencionada de un agente biológico ya que el impacto económico puede provocar graves consecuencias para la economía de un país o incluso de una región.

Palabras clave

Agroterrorismo, ganadería, cosechas, agentes biológicos, seguridad, preparación y respuesta.

From Strategic Use of Biological Weapons to Agroterrorism: Preparedness and Response

Abstract

Biological risk is not only limited to human beings, but can affect other living beings, whether plants or animals.

Production systems are vulnerable to the intentional use of biological agents. In this context, it is necessary to analyze the phenomenon of Agroterrorism is defined as the deliberate introduction of a pathogenic agent, either against livestock or in the food chain in order to undermine social stability and/or generate fear. - . The livestock sector, depending on its organization and development, may be more sensitive to the effects of intentional dissemination of a biological agent, since the economic impact can cause serious consequences for the economy of a country or even a region.

Keywords

Agroterrorism, livestock, crops, biological agents, security, preparedness and response.

1. Introducción

En nuestra visión antropocéntrica del mundo la COVID-19 nos ha mostrado que somos vulnerables y que estamos sometidos a un riesgo biológico continuo, quedando mucho más alejadas de nuestra realidad las enfermedades que afectan a la agricultura o a la ganadería, ya que a pesar del impacto que provocan no las sentimos como propias salvo que se sea agricultor o ganadero.

De hecho, el riesgo biológico no solo se circunscribe a los seres humanos, sino que puede afectar a otros seres vivos, ya se trate de plantas o de animales. En relación con esto, respecto a las plagas que afectan a los vegetales (cosechas) solo hay que recordar el listado de las plagas prioritarias para el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación producidas por escarabajos, moscas o bacterias como *Xylella fastidiosa*, conocida vulgarmente como el «ébola del olivo» para corroborar que el riesgo existe^{1,2}.

De igual forma, pero afectando a los animales, el virus de la fiebre aftosa (VFA), el de la peste porcina africana (PPA), entre otros muchos más, suponen un riesgo muy importante para nuestro país por las consecuencias que tendría su introducción en nuestro territorio. Sin olvidar aquellos microorganismos que por su carácter zoonótico suponen un riesgo mayor si cabe por los efectos que provocan en el hombre, solo hay que recordar al virus del Nilo Occidental (VNO), al de la fiebre del valle del Rift, el de Crimea Congo, o los virus influenza de alta patogenicidad para confirmarlo.

Por si no fuera suficiente, a estos riesgos biológicos de origen natural, se le suman los derivados de la diseminación accidental de agentes biológicos desde instalaciones de investigación o de producción que pueden acarrear, en función del agente de que se trate, consecuencias desastrosas (Pappas, 2022)^{3,4}. Sin olvidar que actores

¹ Todas las referencias de Internet se han realizado el 15 sep. 2022.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plagas Prioritarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [pág. web]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/organismos-nocivos/plagas-prioritarias/>

² Disponible en: <https://www.elagoradiario.com/agorapedia/plagas-insectos-enfermedades-mas-destructivas-cultivos/>

³ Pappas G. (Jun 8, 2022). The Lanzhou Brucella Leak: The Largest Laboratory Accident in the History of Infectious Diseases? *Clin Infect Dis*.ciac463 doi: 10.1093/cid/ciac463.

⁴ Silver A. (Ene. 24, 2022). Taiwan's science academy fined for biosafety lapses after lab worker contracts COVID-19. *Science.org* [pág. web] Disponible en: <https://www.science.org/content/article/taiwan-s-science-academy-fined-biosafety-lapses-after-lab-worker-contracts-covid-19>

estatales o no estatales pueden utilizar agentes biológicos de manera intencionada, o amenazar con su empleo, o aprovechar un brote de origen natural asumiéndose su autoría, para alcanzar sus objetivos estratégicos, ya sea en un contexto de guerra biológica, de bioterrorismo, de agroterrorismo o de acción criminal en función de los objetivos que se pretendan^{5,6}. Para ello aprovechan o pretenden/quieren aprovechar los progresos de la biología sintética para alcanzar sus fines, ya que la microbiología clásica o la química no les son suficientes. Felizmente, parece que los retos técnicos, pero también las salvaguardas morales y éticas de los que se dedican a este campo ayudan para que la caja de Pandora continúe cerrada. Aunque no se puede olvidar que la amenaza existe y que debemos prepararnos frente a ella (de ahí la importancia del establecimiento de una estrategia de biodefensa nacional que contemple el riesgo y la amenaza de manera integral)^{7,8}.

De todos es conocida la diferencia conceptual entre guerra biológica y bioterrorismo, incluso en un contexto de guerra de 4.^a generación o de zona gris, donde las fronteras del conflicto están desdibujadas. De igual forma, todos entendemos que un *biocrimen*, si se permite el anglicismo, es aquel delito donde se ha utilizado un microorganismo o una toxina como arma. Pero seguro que se plantean más dudas respecto a las diferencias entre bioterrorismo y agroterrorismo. De hecho, desde la antigüedad el hombre ha atacado los recursos primarios de sus enemigos al objeto de vencerle por el hambre, la mayor de las veces siendo el hombre el objetivo, pero en otras afectando a los animales en función de su carácter zoonótico (Dembek, 2006; Barnaby, 2002)^{9,10,11}.

⁵ Dunn A. (Feb 10, 1990). Officials advertise to contact mystery group claiming medfly releases. *Los Angeles Times* (edición online). Disponible en: <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1990-02-10-me-169-story.html>

⁶ Tempest M. (6 ene. 1990). MP speaks of foot and mouth terror link. *The Guardian* (edición online). Disponible en: <https://www.theguardian.com/politics/2001/oct/29/footandmouth.footandmouth>

⁷ A.A.C. (3 mar. 2001). El Pentágono alerta del potencial uso terrorista del virus de la fiebre aftosa. *Diario ABC*. P. 36.

⁸ Sotillo A. (24 oct. 2001). Bruselas pide que la UE se proteja del bioterrorismo en la cadena alimentaria. *Diario ABC*. P. 19.

⁹ Dembek, Z. F. (2016). The history and threat of biological weapons and bioterrorism. En: MCISAAC Joseh, H. *Preparing Hospitals for Bioterror: A medical and Biomedical systems approach*. Academic Press. P. 19.

¹⁰ Fleming, S. (2005). Biowar in ancient times. *Expedition*. 47(1):44-48.

¹¹ Barnaby, W. (2002). *Fabricantes de epidemias. El mundo secreto de la guerra biológica*. Siglo XXI de España Editores. P. 86.

La evolución de los conflictos hacia las denominadas guerras de 4.^a generación pudiera hacer más «interesante» el empleo de agentes biológicos contra el ganado o las cosechas en vez de contra las personas. Esto es debido a que los plazos de tiempo son diferentes en función de cuál sea el objetivo, en función de que sean plantas o animales. El primer uso puede que nunca se llegue a probar, lo cual sin ninguna duda es uno de los objetivos más deseables para el agresor, ya que su acción quedará impune. De ahí que en el desarrollo de programas biológicos por parte de actores estatales las enfermedades de plantas y animales fueran una de las líneas de investigación (Koda, 2002)^{12,13}.

Por otro lado, no se puede olvidar que esa amenaza puede ser aprovechada para el establecimiento de estrategias de comunicación, de acusaciones de primer uso o de actividades ilícitas que vulneran la comúnmente conocida como Convención de Armas Biológicas y Tóxicas. Solo hay que recordar las acusaciones de Corea del Norte y China, así como Cuba y Libia contra los Estados Unidos son un claro ejemplo de ello, más ahora con las campañas de desinformación llevadas a cabo por Rusia contra Ucrania o contra Azerbaiyán son una realidad cotidiana aprovechando las redes sociales (Gilman, 1992)^{14,15,16,17,18}.

«After the collapse of the Soviet Union, the United States and its satellites deployed a network of biolaboratories in the space of the former Soviet republics – in Georgia, Ukraine,

¹² Lesho, E.; Dorsey, D. y Bunner, D. (1998). Feces, dead horses, and fleas. Evolution of the hostile use of biological agents. *WJM*. 186(6):512-516.

¹³ Koda, E. K. (2002). Could Foot and Mouth Disease be a biological Warfare Incident? *Military Medicine*. 167(2):91-92.

¹⁴ Etcheverry Vázquez, P. (1 jun. 2015). Agresiones biológicas imposibles de olvidar. *Granma*. Disponible en: <https://www.granma.cu/cuba/2015-06-01/agresiones-biologicas-imposibles-de-olvidar>

¹⁵ Gillman, H. (1992). The North African emergency. Chapter two. En: *The New World Screwworm Eradication Programme. North Africa 1988 – 1992*. FAO Library AN 313571. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pp. 42-69.

¹⁶ Lindquist, D. A.; Abusowa, M. y Hall, M.J.R. (1992). The new world screwworm fly in Libya: a review of its introduction and eradication. *Med. Vet. Entomol.* 6(1):2-8.

¹⁷ Zilinskas, R. A. (2008). Cuba allegations of U.S. biological warfare. False allegations on their impact on attribution. En: Anne Clunan, Peter Lavoy (eds.). *Terrorism, war or disease? Unraveling the use of biological weapons*. Stanford University Press. Pp. 145-146.

¹⁸ Polygraph. (10 may. 2022). Russia Targets Azerbaijan, Others With Fake Bioweapons Claims. *Polygraph.info* [pág. web]. Disponible en: <https://www.polygraph.info/a/fact-check-azerbaijan-russia/6743369.html>

Azerbaijan, Uzbekistan, Kazakhstan, and Armenia ...» Nikolai Patrushev (7 may. 2022)¹⁹.

En relación con las acusaciones de Cuba contra los Estados Unidos debemos tener en cuenta la importancia de la investigación de brotes para descartar ese primer uso. En este sentido, se considera que el origen de los brotes cubanos realmente se debió a la práctica de alimentar a los cerdos con restos de catering aeronáutico (tal cual sucedió en la introducción del virus en Portugal), así como la introducción del virus por parte de refugiados haitianos²⁰.

No pudiéndose dejar de citar que más allá de la intencionalidad criminal *per se* nos podemos enfrentar a individuos que realizan acciones ilícitas, sin pensar en las consecuencias que sus actos pueden acarrear, ya que aun sabiendo que están cometiendo una ilegalidad no existe una intencionalidad política en sus acciones, es decir, no son terroristas, sino lo que pretenden es un beneficio económico, sirvan de ejemplo los dos arrestados en Bélgica acusados de haber introducido desde países del Este de Europa jabalíes infectados con el virus de la PPA con el único objetivo de proveer de animales para la caza y que provocó un brote que introdujo en el corazón de Europa al virus de la PPA. Lo que seguro que ellos no pensaron es en las consecuencias que eso generaría para el país²¹.

Pero no se puede dejar de citar que este tipo de brotes pueden ser aprovechados para iniciar campañas de desinformación con el objetivo de generar estados de opinión interesados contrarios a los intereses generales y las relaciones con países aliados y amigos. Sirva de ejemplo las acusaciones de diseminación del virus de la peste porcina africana (VPPA) en las repúblicas bálticas y Rusia por parte de los Estados Unidos aprovechando la dificultad de demostrar un «primer uso». Resultando fundamental la colaboración científico-técnica de los profesionales para dar

¹⁹ Aleev, E. (7 may. 2022). El Servicio de Seguridad del Estado de Azerbaiyán negó la existencia de laboratorios biológicos extranjeros en el país. TASS [pág web]. Disponible en: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/14570197>

²⁰ Zilinskas, R. A. (2008). Cuba allegations of U.S. biological warfare. False allegations and their impact on attribution - Chapter 7. En: Anne Clunan, Peter R. Lavoy, Susan B. Martin (eds.). *Terrorism, war, or disease? Unraveling the use of biological weapons*. Stanford University Press. Pp. 145- 146.

²¹ Veek, V. (12 feb. 2019). ASF Belgium: Now 457 dead wild boar; 2 men arrested. *Pig progress* [pág. web]. Disponible en: <https://www.pigprogress.net/Health/Articles/2019/2/ASF-Belgium-Now-457-dead-wild-boar-2-men-arrested-392452E/>

respuestas científicas a situaciones epidemiológicas que expliquen de forma inequívoca qué es lo que sucede en la realidad, solo hay que ver el origen de las noticias para valorar a qué nos enfrentamos^{22,23}.

Desde otra aproximación, no se puede olvidar la intencionalidad criminal en la introducción de enfermedades mediante posibles acciones de sabotaje por las consecuencias que puede provocar, ejemplo de ello fue el brote de fiebre aftosa de 2007 en Reino Unido que provocó que la Unión Europea mantuviera cerradas sus fronteras durante el periodo que duró el brote^{24,25}.

Tampoco se puede olvidar la posibilidad de que se produzcan acciones ilegales por parte de los implicados/damnificados por una epidemia que contribuyan a su dispersión, no pudiéndose descartar lamentablemente intereses espurios tras estas acciones^{26,27}.

Una actividad que puede complicar más si cabe el control de una epidemia es desconocer la realidad epidemiológica del área donde se produce un brote de enfermedad. De ahí la importancia de la identificación animal y de conocer el estatus sanitario del área de estudio al objeto de establecer un cuadro realista de la situación que permita la adopción de medidas de control y la necesidad de colaboración entre los veterinarios de ejercicio libre y de la administración junto con los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad para atajar este tipo de prácticas ilícitas, ya que el diagnóstico precoz de problemas de salud inusuales o sospechosas en animales (pero también en personas en el caso de enfermedades humanas), así como el establecimiento de criterios para investigar y

²² HISPANTV. (8 oct. 2018). Pentágono provoca epidemia de peste porcina en Rusia y China. *HispanTV* [pág. web]. Disponible en: <https://www.hispantv.com/noticias/ee-uu-/390245/pentagono-georgia-epidemia-pesto-porcina-china-rusia>

²³ SPUTNIKNEWS. (12 oct 2018). Cómo EE. UU. prueba sus armas biológicas en los países bálticos. *Sputniknews* [pág. web]. Disponible en: <https://sputniknews.lat/20180812/tercera-guerra-mundial-de-eeuu-en-europa-armas-biologicas-1081138311.html>

²⁴ Agencias. (7 ago. 2007). Los brotes de fiebre aftosa podrían haber sido provocados por un sabotaje. *Diario El País* (edición online). Disponible en: https://elpais.com/internacional/2007/08/08/actualidad/1186524003_850215.html

²⁵ Usí, E. (8 ago. 2007). Fiebre aftosa: ¿error humano o sabotaje? *DW* [pág. web]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/fiebre-aftosa-error-humano-o-sabotaje/a-2730514>

²⁶ EFE. (16 jun. 2001). La peste porcina se extiende a Castellón y a otras dos granjas de Lleida. *Diario El Mundo* (edición online). Disponible en: <https://www.elmundo.es/elmundo/2001/06/16/sociedad/992687237.html>

²⁷ Visa, L. y Biot, R. (17 jun. 2001). La peste porcina se extiende a Castellón y a otras dos granjas de Lleida. *Diario El País*.

evaluar las agrupaciones sospechosas de enfermedad animal o las lesiones son factores desencadenantes para la notificación de un presunto incidente terrorista con agentes biológicos (y también químicos)²⁸.

La diferencia conceptual entre bioterrorismo y agroterrorismo no es baladí ya que, si en el primero el objetivo son las personas, en el segundo lo son los animales y las cosechas. Los cuales no solo son la base de la seguridad alimentaria del país, sino que también apoyan a la riqueza de este en función de la cuota de mercado que tienen en los mercados internacionales. Solo hay que pensar en el ranking de los países exportadores de carne o de cereales para ver cómo podrían alterarse los mercados en función de los cierres cautelares que se establecerían si se produjera un brote de enfermedad transmisible. Esto unido a la adopción de medidas de control podrían contribuir más si cabe a agravar las consecuencias de un brote intencionado. Más ahora cuando la pérdida de biodiversidad genética en favor de un monocultivo de una única estirpe genética provocaría un mayor impacto, pudiéndose plantear lo mismo por la disminución de razas ganaderas en favor de líneas genéticas muy especializadas pero muy dependientes. Pudiéndose establecer una distinción conceptual mayor relativa al ecoterrorismo o terrorismo medioambiental si se considerara la posibilidad de que el objetivo fuera el medio ambiente (Zirschky, 1988)^{29,30}.

Ahondando en las diferencias entre bioterrorismo y agroterrorismo hay que tener en cuenta que pudiera ser que un actor no estatal tuviera, si se pudiera aplicar el concepto de «problemas de conciencia» para no utilizar agentes biológicos que afectaran a las personas de manera directa, pero no le temblara el pulso para utilizar agentes biológicos que afectaran a los animales y a las plantas. Hecho que pudiera provocar que en un futuro más o menos lejano muriera de hambre por no tener con qué alimentarse. Sirva de ejemplo la duda razonable existente por el fallo de diseminación de toxina botulínica o de esporas de

²⁸ Suarez, O. (2 may. 2018). Dos ganaderos asturianos investigados por una trama de venta ilegal de reses. *Diario El Comercio* (edición online). Disponible en: <http://www.elcomercio.es/asturias/ganaderos-asturianos-investigados-20180502000901-ntvo.html>

²⁹ Zirschky, J. (1988). Environmental Terrorism. *Journal (Water Pollution Control Federation)*. 60(79):1206-1210.

³⁰ Vascopress. (22 jun. 2011). La Guardia Civil detiene a 12 "ecologistas radicales" acusados de "ecoterrorismo". *Diario El Mundo* (edición online). Disponible en: <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/06/22/espana/1308736958.html>

B. anthracis por parte de *Seichi Endo*, lugarteniente de *Shoko Asahara*, líder de la organización religiosa Verdad Suprema, ya que a algunos pudiera sorprenderles que un biólogo molecular no supiera las diferencias entre una cepa capsulógena y otra acapsulógena de *B. anthracis*³¹ o la incapacidad de purificar la toxina botulínica en relación con los efectos que provocaría su diseminación.

En adición a lo expresado, hay que tener en cuenta también que utilizar agentes biológicos contra cosechas o animales (en caso de que no sea un agente zoonótico) disminuye la asunción de riesgos personales por parte de aquellos que manejen este tipo de agentes siempre que no se trate de agentes biológicos no zoonóticos. Lo cual sin ninguna duda pudiera hacer más factible decantarse por utilizar estos agentes.

El terrorismo o el empleo militar de agentes biológicos contra animales y plantas se circunscribe fundamentalmente al empleo estratégico. De hecho, el arma biológica conceptualmente es estratégica en comparación al arma química. De ahí la necesidad más imperiosa si cabe de preparación conjunta e integrada para dar respuesta a los retos que plantea el riesgo natural y la amenaza intencionada que un incidente bio provocaría, pasando entonces del concepto de seguridad alimentaria al de defensa alimentaria al objeto de incluir los riesgos naturales y las amenazas intencionadas.

Esta realidad ya era contemplada en los años 50 del pasado siglo donde se exhortaba a la sociedad española en su conjunto, con su potencial científico, industrial y militar a prepararse «en tiempos de paz, para las tareas que ha de desarrollar durante la guerra, movilizándose para la defensa de sus habitantes y de su suelo» ya que «...el hombre puede estar dedicándose a la producción intencionada de enfermedades que podían utilizarse contra los seres humanos, los animales o las plantas que carecieran de medios de protección...» (Matilla, Piedrola, Amaro, 1953)³².

³¹ La cápsula compuesta por ácido D-glutámico evita que la bacteria sea fagocitada por los glóbulos blancos. Lo cual se relaciona con su alta virulencia.

³² Matilla Gómez, V.; Piedrola Gil, G. y Amaro Lasheras, J. (1953). *Defensa contra las terribles armas modernas*. Madrid, Publicaciones de la Cátedra de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Medicina de Madrid. Pp. 156-222.

2. Amenaza agroterrorista

El objetivo del agroterrorismo son los animales de interés económico y las cosechas. En este sentido se podría definir al agroterrorismo como «la introducción deliberada de un agente patógeno, ya sea contra el ganado o en la cadena alimentaria con el fin de socavar la estabilidad social y/o generar miedo»³³.

Llegados a este punto parece razonable plantearse qué grupos³⁴ estarían dispuestos a utilizar agentes biológicos contra el sector productivo³⁵:

- Grupos transnacionales dispuestos a infringir daños a los sectores productivos.
- Grupos u organizaciones con intereses económicos oportunistas que tratarían de manipular mercados.
- Grupos, organizaciones o individuos con acceso a agentes biológicos de alto impacto dispuestos a atacar los intereses nacionales.
- Activistas aceleranistas, medioambientales o animalistas con acceso a agentes biológicos que podrían atacar los sistemas productivos al objeto de atacar los intereses comerciales de las empresas agropecuarias.

El sector primario, fundamentalmente el ganadero, es vulnerable frente a la amenaza agroterrorista. Esto es debido fundamentalmente a los siguientes aspectos^{36,37,38}:

- Aumento de la susceptibilidad de las exploraciones ganaderas como consecuencia de los cambios en las prácticas de manejo en favor de la explotación intensiva concentrada muy especializada en determinadas áreas frente a la extensiva más deslocalizada.

³³ Cupp, O. S. y Walker de Hillison, J. (2004). Agroterrorism in the U.S.: key security challenge for the 21 st century. *Biosecurity Bioterror*. 2(2):97-105.

³⁴ Véase el capítulo de terrorismo incluido en este cuaderno.

³⁵ Knowles, T., et al. (30 jun. 2005). Defining Law enforcement's role in protecting American agriculture from agroterrorism. *NIJ Research Report Document*. N.º 212280. Washington, D.C., National Institute of Justice. Disponible en: <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/grants/212280.pdf>

³⁶ Wheelis, M.; Casagrande, R. y Madden, L. V. (2002). Biological Attack on Agriculture-Low-Tech, High-Impact Bioterrorism. *BioScience*. 52(7):569-576.

³⁷ United States General Accounting Office. (July 2002). Foot and Mouth Disease To Protect U.S. Livestock, USDA Must Remain Vigilant and Resolve Outstanding Issues.

³⁸ RAND. (2003). Agroterrorism. What Is the Threat and What Can Be Done About It?

- En función de esa especialización ganadera se ha disminuido la riqueza genética de las razas autóctonas, en favor de razas con elevada selección genética más productivas, pero más vulnerables frente a las enfermedades.
- A pesar del esfuerzo realizado resulta prioritario incrementar los niveles de bioseguridad establecido en las explotaciones ganaderas teniendo en cuenta la amenaza del agroterrorismo.
- Atención sanitaria de grupo y no de individuos. Lo cual unido a déficits formativos de los profesionales veterinarios respecto a la amenaza agroterrorista y la idiosincrasia de los ganaderos en relación con las pérdidas asumibles cuando se genera un brote de enfermedad puede generar que los casos índices puedan pasar desapercibidos.

Un aspecto que es importante tener en cuenta y que se relaciona con los anteriores es que las explotaciones ganaderas no son el único objetivo, sino que también son vulnerables las ferias de ganado ya que en función del tipo de feria de que se trate, una diseminación de un agente biológico durante su desarrollo puede llegar a producir un brote multifocal en función del destino final que los animales expuestos tengan. Lo cual, sin ninguna duda, potenciaría los aspectos anteriormente descritos.

Un aspecto que es necesario determinar es ¿cuál es el objetivo último del agroterrorista? Y como cuestión derivada ¿qué tipo de agente estaría dispuesto a utilizar para alcanzar sus objetivos?, ya que parece que atacar las cosechas se ajustaría más a los objetivos de un actor estatal en un contexto de empleo estratégico, donde las operaciones pueden plantearse a muy largo plazo. Mientras que un actor no estatal se decantaría más por un agente biológico que afectara a los animales o por la amenaza de empleo, que no empleo, de agentes biológicos contra vegetales.

La razón que parece que está detrás de esta idea es la inmediatez de los efectos en el caso de enfermedades animales en función del periodo de incubación, en comparación a la lenta diseminación y largos periodos de incubación que tienen los agentes biológicos que afectan a las cosechas. Sin olvidar las posibilidades que dan los eventos ganaderos de poder infectar a muchos animales en el mismo lugar, más cuando el destino de muchos animales podría provocar un brote multifocal, mientras que los escenarios de diseminación de plagas vegetales tienen complicaciones logístico-operativas muy relevantes. De ahí la importancia de fortalecer las

medidas de bioseguridad y fomentar la conciencia de seguridad entre todos los actores que intervienen en la cadena productiva.

Para justificar lo anterior solo hay que tener en consideración las dificultades asociadas para el control de enfermedades vegetales, donde las plantas o árboles infectados tardan mucho tiempo en presentar síntomas. Sirva de ejemplo que el periodo de incubación de *Xylella fastidiosa* puede durar de siete meses a más de un año³⁹. Por el contrario, el periodo de incubación de la fiebre aftosa oscila entre 2 y 14 días (en pequeños rumiantes puede llegar a ser de 21 días)⁴⁰.

Son muchos los que consideran que solo un reducido número de microorganismos, además de artrópodos, pueden ser considerados como agentes agroterroristas. Es más, piensan que la amenaza solo afecta a los animales. Lamentablemente esto está alejado de la realidad, resultando prioritario contextualizar el riesgo y la amenaza ya que son muchos y variados los agentes biológicos que podrían ser utilizados contra el ganado y los animales, desde bacterias hasta hongos, pasando por virus y protozoos, además de diferentes especies de artrópodos que incluyen desde escarabajos hasta moscas (tabla 1)⁴¹.

El problema que plantea establecer este tipo de listas es que en la gran mayoría de las ocasiones permiten sistematizar a los microorganismos en función de criterios establecidos, pero esto no significa que sean los únicos que pudieran utilizarse en un incidente agroterrorista.

Enfermedades animales		Agentes productores enfermedades vegetales	
USDA Veterinary Services (Diseases Selected Agents and Toxins)	Organización Mundial de Sanidad Animal*	USDA Plant Protection and Quarantine	Reglamento UE 2016/2031 Lista plagas prioritarias vegetales

³⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (30 may. 2019). La FAO ayuda a prevenir la propagación de la *Xylella fastidiosa* en el Cercano Oriente y África del Norte. FAO [pág. web]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1310921/#:~:text=Xylella%20fastidiosa%3A%20una%20amenaza%20que%20se%20extiende&text=La%20enfermedad%20es%20dif%C3%ADcil%20de,a%20m%C3%A1s%20de%20un%20a%C3%B1o>

⁴⁰ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - MAPA. Fiebre Aftosa. MAPA [pág. web]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/fiebre-aftosa/fiebre_aftosa.aspx

⁴¹ United States Centers for Diseases Control and Prevention – Department of Agriculture (USDA). (30 ago. 2022). Selected Agents and Toxins 7 CFR Part 331. 9 CFR Part 121 y 142, CFR Part 73 [pág. web]. Disponible en: <https://www.selectagents.gov/sat/list.htm>

Enfermedades animales		Agentes productores enfermedades vegetales	
– Peste equina – Peste porcina africana (ppa) – Influenza aviar (HPI) – Peste porcina clásica – Fiebre aftosa (VFA) – Viruela caprina – Viruela ovina – Dermatitis nodular contagiosa – Pleuroneumonía contagiosa caprina – Perineumonía contagiosa bovina – Enfermedad de New Castle	– Fiebre catarral ovina – Estomatitis vesicular – Fiebre del valle del Rift	– <i>Peronosclerospora philippinensis</i> – <i>Coniothyrium glycines</i> – <i>Ralstonia solanacearum</i> – <i>Rathayibacter toxicus</i> – <i>Sclerophthora rayssiae</i> – <i>Synchytrium endobioticum</i> – <i>Xanthomonas oryzae</i>	– <i>Agrilus planipennis</i> Fairmaire – <i>Anastrepha ludens</i> – <i>Anoplophora chinensis</i> – <i>Anoplophora glabripennis</i> – <i>Anthonomus eugenii</i> Cano Aromia bungii – <i>Bactericera cockerelli</i> – <i>Bactrocera dorsalis</i> – <i>Bactrocera zonata</i> – <i>Bursaphelenchus xylophilus</i> – <i>Candidatus liberibacter</i> spp. – <i>Conotrachelus nenuphar</i>
– Peste de los pequeños rumiantes – Peste bovina – Enfermedad vesicular porcina			– <i>Agrilus anxius</i> Gory – <i>Dendrolimus sibiricus</i> Tschetverikov – <i>Phyllosticta citricarpa</i> – <i>Popillia japonica</i> Newman – <i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh – <i>Spodoptera frugiperda</i> – <i>Thaumatotibia leucotreta</i> – <i>Xylella fastidiosa</i>
*Antigua Lista A enfermedades de declaración obligatoria En negrita las enfermedades también incluidas por el USDA y en la antigua lista A de la OIE			

Tabla 1. Listado de microorganismos animales y vegetales de riesgo

3. El virus de la fiebre aftosa (VFA) como paradigma de agente agroterrorista

Si *B. anthracis* puede considerarse el agente biológico por excelencia, el virus de la fiebre aftosa (VFA) puede tener la misma consideración desde el punto de vista agroterrorista (pero también de guerra biológica contra el ganado, así como un riesgo para la

cabaña ganadera)⁴². Para tener esta consideración no solo hay que tener en cuenta que el VFA es veinte veces más infeccioso que el virus de la viruela (considerándose como el agente biológico más transmisible que existe), sino que presenta una elevada resistencia ambiental, así como el gran número de especies susceptibles fundamentales, tanto para la economía como para la seguridad⁴³.

Por otro lado, anteriormente se ha citado que una de las «ventajas» para aquel individuo, si así se le pudiera denominar, que estuviera dispuesto a utilizar agentes biológicos contra el ganado es que no tendría por qué asumir grandes riesgos personales, ya que provoca un cuadro clínico benigno que no requiere hospitalización. Además, el riesgo de infección se incrementa conforme se consume leche no pasteurizada, productos lácteos o carne no procesada de animales enfermos. Por otro lado, el hombre constituye un vector de diseminación del virus *per se*, ya que puede exhalar partículas virales viables hasta 48 horas después de superada la infección (Hyslop, 1976)^{44,45,46}.

Desde el punto de vista de la seguridad también es importante recalcar la importancia que tiene el VFA en zonas de conflicto, donde generalmente el virus es endémico, resultando fundamental mantener un activo programa de vigilancia epidemiológica. Sirva de ejemplo la difusión del serotipo O, topotipo EA-3⁴⁷

⁴² Picado, A.; Napp, A. y Casal, J. (2009). Brotes de fiebre aftosa en Europa (1991-2005). *Arch. Zootec.* 58: 1-13. Disponible en: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/5071>

⁴³ Enfermedad viral de presentación aguda, con elevada transmisibilidad y morbilidad ($\approx 100\%$ en sensible y no vacunados). Afecta a gran cantidad de biungulados domésticos y silvestres. Se caracteriza por la formación de aftas (ampollas rellenas de líquido) y lesiones en la boca, la nariz, las tetillas y las patas. La enfermedad es rara vez fatal en los adultos, pero la mortalidad puede ser alta en los animales jóvenes, provocando serias pérdidas de producción. Siete tipos inmunológicos: A (*Allemagne*), O (*Oise*), C (no en 10 años), SAT1, SAT2, SAT3 (por *South African Territories*) y Asia1. <http://www.sanidadanimal.info/cursos/curso/4/epidemi.htm>

⁴⁴ López Sánchez, A.; Guijarro Guijarro, B. y Hernández Vallejo, G. (2003). Repercusiones humanas de la fiebre aftosa y otras enfermedades víricas afines. *Med Oral.* 8:26-32.

⁴⁵ Hyslop, N. ST G. (Mayo 1976). La fiebre aftosa en los animales y en el hombre. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana.* Pp. 375-386.

⁴⁶ European Centers for Diseases Control – ECDC. (21 feb. 2012). Transmission of Foot and Mouth disease to humans visiting affected areas Rapid Risk Assessment. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/TER-RRA-Transmission-of-foot-and-mouth-to-humans-visiting-affected-areas.pdf>

⁴⁷ Un serotipo permite diferenciar organismos en función de los antígenos presentes en su superficie. Mientras que un topotipo es un espécimen proveniente de la localidad original del tipo o del área donde el taxón fue descrito.

a través de África desde Sierra Leona y países limítrofes hasta Marruecos y Argelia atravesando Mali gracias a los movimientos de animales o los brotes de Israel y los territorios palestinos desde Egipto a través de la franja de Gaza^{48,49}.

Unido a este papel prioritario en la difusión de la enfermedad a nivel mundial de los movimientos de animales domésticos y silvestres susceptibles, se le une la posibilidad de diseminación a través de productos y subproductos animales y material contaminado, además de la vía aérea. Factores que hacen de este virus un microorganismo de control muy complicado, donde la vigilancia epidemiológica resulta vital para detectar que un brote se está produciendo lo antes posible.

La presencia del virus en muchas partes del mundo donde el nivel de preparación y respuesta es manifiestamente mejorable facilitan en gran medida el acceso a este agente. Lo cual, unido a la relativa facilidad de diseminación sin medios muy especializados, unido a su elevada transmisibilidad, hacen de este microorganismo el agente agroterrorista ideal; y no solo por los efectos directos, sino por los indirectos que provoca en función de las pérdidas de producción que generan en los animales enfermos y la adopción de medidas de control que contemplan el sacrificio de los animales sanos susceptibles en áreas no endémicas, junto con los costes de intervención, la restricción de mercados y las caídas de turismo.

La importancia del VFA hay que analizarla en relación con un estudio realizado en 2013 que valoraba el riesgo comparado de diferentes agentes biológicos en la Unión Europea ya que, en ese estudio, el VFA se situaba en el puesto 8.º por detrás de *B. anthracis*, el virus de New Castle, los virus influenza de alta patogenicidad, el virus de la peste porcina africana clásica, *F. tularensis*, el virus de la peste de los pequeños rumiantes, o *Brucella spp.* (Menrath *et al*, 2014)⁵⁰.

⁴⁸ Maristela Pituco, E. (29-30 abril 2019). Situación actual de la fiebre aftosa en el mundo. En: Seminario Internacional Pre Cosalfa 46 Cartagena de Indias – Colombia. Disponible en: https://www.smvu.com.uy/moduloNoticias/340_157f2d94/archivosAdjuntos/situacion-actual-de-la-fiebre-aftosa-en-el-mundo.pdf

⁴⁹ Canini, L., *et al.* (2022). Identification of diffusion routes of O/EA-3 topotype of foot-and-mouth disease virus in Africa and Western Asia between 1974 and 2019—a phylogeographic analysis. *Transbound Emerg Dis.* Pp. 1–10.

⁵⁰ Menrath, A., *et al.* (2014 May). Survey of systems for comparative ranking of agents that pose a bioterroristic threat. *Zoonoses Public Health.* ;61(3):157-66. doi: 10.1111/zph.12065.

El virus de la peste porcina africana (VPPA) siempre ha estado bajo la lupa de los actores estatales y no estatales, incluso derivado de prácticas ilícitas de movimientos de ganado, debido al impacto que provocaría tanto desde el punto de vista de seguridad alimentaria como desde el punto de vista económico (Keremidis, 2013: 33)^{51,52}.

Al igual que con el virus de FA, somos vulnerables al VPPA, tanto en la introducción natural como en la intencionada o accidental, más ahora cuando un primer uso podría pasar desapercibido en función del papel que tienen en la transmisión los jabalíes, así como los productos y subproductos derivados, además de la introducción accidental por parte de viajeros que vienen de áreas donde el virus está presente. Resultando vital extremar el nivel de sospecha por parte del sector ganadero y veterinario para reducir el riesgo de introducción del virus en áreas libres de virus, así como potenciando los niveles de bioseguridad de las explotaciones (Bellini *et al*, 2016)^{53,54,55,56,57,58}.

⁵¹ Keremidis, H., *et al*. (2013). Historical Perspective on Agroterrorism: Lessons Learned from 1945 to 2012. *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*. 11(Sup 1):S17-S25.

⁵² Cique Moya, A. (2017). Preparación y respuesta frente al agroterrorismo. *Documento de Opinión 50/2017*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2017/DIEEE050-2017_Agroterrorismo_CiqueMoya.pdf

⁵³ Brown, V. y Bevins, S. (2018). A Review of African Swine Fever and the Potential for Introduction into the United States and the Possibility of Subsequent Establishment in Feral Swine and Native Ticks. *Front. Vet. Sci.* 5:11.

⁵⁴ Castellanos Moncho, M. Normativa para el comercio nacional e internacional de semen, óvulos, embriones y animales de la especie porcina. Asociación Veterinaria Porcina de Aragón. Disponible en: <http://www.avparagon.com/docs/reproduccion/ponencias/11.mht>

⁵⁵ Lladró, V. (2 abr. 2018). Jabalíes importados para aumentar la sobrepoblación. *Diario Las Provincias* (edición online). Disponible en: <https://www.lasprovincias.es/economia/jabalies-importados-aumentar-20180402001922-ntvo.html>

⁵⁶ Real Federación Española de Caza. (26 abr. 2018). La RFEC exige a la CE que suspenda las importaciones de jabalíes en toda Europa mientras persistan los brotes de PPA. Disponible en: <https://www.fecaza.com/sala-de-prensa-hemeroteca/hemeroteca/130-noticiasgenerales/4107-la-rfec-exige-a-la-ce-que-suspenda-las-importaciones-de-jabalies-en-toda-europamientras-persistan-los-brotes-de-ppa>

⁵⁷ Bellini, S.; Rutili, D. y Guberti, V. (2016). Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. *Acta Vet Scand.* 8:1-10.

⁵⁸ Bosch, J., *et al*. (2017). Update on the risk of introduction of African swine fever by wild boar into disease-free European Union countries. *Transbound Emerg Dis.* 64:1424-32.

3.1. Consecuencias de un brote de fiebre aftosa

Un brote de fiebre aftosa (FA) impactará en mayor o menor medida en función del nivel de preparación y de resistencia de la sociedad que ha sufrido el brote epidémico^{59,60}:

● Consecuencias sociales

Las consecuencias sociales de un brote de FA pueden ser muy variadas, desde el aumento de suicidios como consecuencia de las pérdidas asociadas hasta la aparición de cuadros de pánico colectivo, pasando por el aumento de la tensión social como consecuencia de la adopción de medidas de control^{61,62,63,64}. Planteándose incluso conflictos socio-religiosos al plantearse la paralización de prácticas rituales en áreas libres de la enfermedad^{65,66}. O cómo en el caso del brote de FA de Reino Unido de 2001 se llegó a prohibir el uso de animales en Eurodisney⁶⁷.

⁵⁹ BBC News. (18 feb. 2011). Foot and mouth outbreak of 2001. *BBC News* [pág. web]. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/uk-england-12483017>

⁶⁰ Hagar, Ch. Community in Crisis: The 2001 UK Foot-and-Mouth Disease (FMD) Outbreak – The Response of the Pentalk Network. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.456.4166&rep=rep1&type=pdf>

⁶¹ Martitegui, A. (10 mar. 2020). Cómo frenar el pánico colectivo en tiempos de coronavirus. *NIUS* (edición online). Disponible en: https://www.niusdiario.es/salud-y-bienestar/coaching/como-frenar-panico-colectivo-tiempos-coronavirus_18_2912445208.html

⁶² Pappas, G., et al. (2009). Psychosocial consequences of infectious diseases. *Clin. Microb. Infect.* 15(8):743-747.

⁶³ Libertad Digital/EFE. (16 mar. 2001). Temen una rebelión en el campo británico por las medidas contra la epidemia. *LD/EFE* [pág. web]. Disponible en: <https://www.libertaddigital.com/sociedad/2001-03-16/temen-una-rebelion-en-el-campo-britanico-por-las-medidas-contra-la-epidemia-22888/>

⁶⁴ Mort, M., et al. (2005). Psychosocial effects of the 2001 UK foot and mouth disease epidemic in a rural population: qualitative diary based study. *BMJ*. 331(7527):1234-1268 doi: 10.1136/bmj.38603.375856.68.

⁶⁵ Finanzas. (22 ago. 2016). En Melilla unas 400 personas protestan por la prohibición de entrada de corderos para la fiesta Aid el Kebir debido a la fiebre aftosa. *Laicismo.org* [pág. web]. Disponible en: <https://laicismo.org/en-melilla-unas-400-personas-protestan-por-la-prohibicion-de-entrada-de-corderos-para-la-fieta-aid-el-kebir-debido-a-la-fiebre-aftosa/150236>

⁶⁶ Almoguera, P.D. (17jul.2021). La 'guerra' del cordero en Melilla: bronca política por elorigende los animales. *El Confidencial* (edición online). Disponible en: https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2021-07-16/aid-el-kebir-melilla-pp-cpm-corderos-sacrificio_3189584/

⁶⁷ Reuters. (27 mar. 2001). Disneyland Paris exiles animals to farm. *Deseret News* [pág. web]. Disponible en: <https://www.deseret.com/2001/3/27/19577308/disneyland-paris-exiles-animals-to-farm>

● Consecuencias políticas

Puede que a muchos les sorprenda que un brote epidémico tenga consecuencias políticas más allá de las derivadas de una crisis política, pero el brote de FA del Reino Unido de 2001 provocó un retraso en las elecciones generales en dos meses^{68,69}.

● Consecuencias económicas

Se considera que la FA es la enfermedad del ganado más devastadora del mundo, tanto por efectos directos como por los indirectos, ya que reduce la producción de carne y leche y se incrementa la mortalidad entre los animales jóvenes, además de las pérdidas de cuotas de mercado y costes de erradicación, pérdidas en industria auxiliar y relacionadas, desde los proveedores de piensos hasta las plantas de procesado, pasando por las de fabricación de equipos, etc. Lo cual unido a la pérdida de confianza de los consumidores podría afectar al coste del suministro de alimentos, aunque la enfermedad no suponga un riesgo para la salud pública. Todo esto determina que los costes asociados a la fiebre aftosa en zonas endémicas pueden oscilar entre los 6.500 y 21.000 millones de dólares anuales (Paarlberg *et al*, 2002)⁷⁰.

Un aspecto que resulta fundamental tener en cuenta por las derivadas que puede tener desde el punto de vista de la seguridad es que las pérdidas de producción por la FA son mayores en los países más pobres del mundo, donde la dependencia del sector primario es mayor y se ve afectada la seguridad alimentaria por la reducción de fertilidad de los rebaños y por la disminución de las producciones. Siendo importante el impacto tanto en países endémicos como en países donde se producen brotes esporádicos⁷¹.

⁶⁸ Agencias. (31 mar. 2001). Blair decide posponer las elecciones a junio por la crisis de fiebre aftosa, según la BBC. *Diario El País* (edición online). Disponible en: https://elpais.com/sociedad/2001/03/31/actualidad/985989602_850215.html

⁶⁹ EFE. (2 abr. 2001). Londres insiste en que controla la aftosa a pesar de los nuevos focos. *Diario El Mundo* (edición online). Disponible en: <https://www.elmundo.es/elmundo/2001/04/01/sociedad/986134700.html>

⁷⁰ Paarlberg, P. L.; Lee, J. G. y Seitzinger, A. H. (2002). Potential revenue impact of an outbreak of foot-and-mouth disease in the United States. *JAVMA*. 220(7):988-992.

⁷¹ Knight, T. J. D. y Rushton, J. (2013). The economic impacts of foot and mouth disease – What are they, how big are they and where do they occur? *Prev. Vet. Med.* 112(3-4):161-173. doi: 10.1016/j.prevetmed.2013.07.013.

En un informe oficial realizado en Reino Unido en 2002 se estimaba que la factura total de las medidas para hacer frente a la epidemia ascendería a casi 1.300 millones de libras esterlinas cuando se liquiden todas las reclamaciones, siendo una de las partidas más importantes el transporte y la eliminación de residuos con 375 millones de libras para el transporte y la eliminación de residuos, incluyendo los 113 millones de libras gastados en fosas comunes y 304 millones de libras en limpieza y desinfección⁷².

El mayor brote sufrido por Corea del Sur en 2010-2011 afectó a 3.700 explotaciones. Como consecuencia de las medidas de control se sacrificaron casi 3,5 millones de bovinos y cerdos, provocando unas pérdidas estimadas de casi 1.900 millones de dólares en 2015 (Park *et al*, 2013)^{73,74}. En comparación, el impacto financiero del brote de Corea del Sur de 2014/15 que afectó a 180 explotaciones fue de 25,2 millones de dólares⁷⁵.

En comparación, el impacto económico que tendría un brote intencionado en los Estados Unidos oscilaría entre los 37.000 millones de dólares (0,15 % de la producción económica de referencia de 2006) y 228.000 millones de dólares (0,92 %) según fuera un pequeño brote contenido con éxito dentro de un estado, hasta un gran ataque multiestatal que provocara el sacrificio del 30 % del ganado nacional (Oladosu *et al*, 2013)⁷⁶.

● Consecuencias medioambientales

El brote de Reino Unido de 2001 provocó el sacrificio de más de 6 millones de animales (en comparación a los 3,5 millones del brote de Corea del Sur de 2010/2011) que provocó consecuencias medioambientales, así como psicosociales en

⁷² Comptroller And Auditor General. (21 jun. 2002). The 2001 Outbreak of Foot and Mouth Disease. HC 939 Session 2001-2002. Disponible en: <https://www.nao.org.uk/reports/the-2001-outbreak-of-foot-and-mouth-disease/#:~:text=A%20National%20Audit%20Office%20report,more%20than%20%C2%A35%20billion>

⁷³ Carpenter, T. E., *et al*. (2013). Direct costs of five foot-and-mouth disease epidemics in the Republic of Korea, from 2000 to 2011. *Prev Vet Med*. 37(4):163-8.

⁷⁴ Park, J. H., *et al*. (2013). Control of foot-and-mouth disease during the 2010-2011 epidemic, South Korea. *Emerg Infect Dis*. 19(4):655-9.

⁷⁵ Yoon, H., *et al*. (2018). Financial Impact of Foot-and-mouth disease outbreaks on pig farms in the Republic of Korea, 2014/2015. *Preventive Veterinary Medicine*. 149:140-142.

⁷⁶ Oladosu, G.; Adam, R. y Lee, B. (2013). Economic Impacts of Potential Foot and Mouth Disease Agroterrorism in the USA: A General Equilibrium Analysis. *J Bioterr Bio-def*. S12. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-2526.S12-001>

función del modo en que se gestionaron los cadáveres y las consecuencias del brote entre los ganaderos que vieron cómo su modo de vida se afectaba.

En un estudio realizado por la Agencia Medioambiental británica se analizaron los impactos medioambientales a corto, medio y largo plazo, en el aire, en las aguas subterráneas y superficiales, destacándose que los niveles de contaminantes como dioxinas, PCB (poli cloro bifenilos) y HAP (hidrocarburos policíclicos aromáticos) nunca alcanzaron niveles tóxicos a pesar de la precaución que generó en la población los humos y el olor derivado de la incineración de los cadáveres. Aunque se destacó la posible contaminación del suelo por las sustancias anteriormente citadas, así como la contaminación de aguas subterráneas y superficiales como consecuencia de los vertidos de desinfectantes, purines y fluidos de cadáveres que provocaron al menos tres episodios de muerte de peces⁷⁷.

3.2. Medidas de control frente al agroterrorismo

El objetivo último de la prevención y lucha contra el agroterrorismo pasa por ser capaces de detectar el brote en los primeros estadios de este, cuando aún es posible adoptar medidas de control eficientes con un reducido impacto general y prevenir la extensión del brote a otras áreas en principio no afectadas. Esa detección temprana debe ir asociada a ser capaces de identificar el origen del brote a la mayor brevedad posible, sea cual sea el origen de este. Y en el caso de ser consecuencia de un acto provocado perseguir a los culpables a merced de una legislación adecuada a este fin. Lo cual también debe ser aplicable a aquellos actos no intencionados, pero que pueden suponer una transgresión de los controles establecidos.

El éxito de las medidas de control frente al agroterrorismo pasan por una respuesta multisectorial con un enfoque multidisciplinar y con la implementación de medidas exhaustivas y muchas veces difíciles de tomar en función de las consecuencias económicas que conllevan donde la filosofía *Una Salud* es la base de la respuesta. Desde el punto de vista de la profesión veterinaria resulta fundamental que la respuesta integre al ámbito público y al privado,

⁷⁷ Environment Agency. (2001). The environmental impact of the foot and mouth disease outbreak: and interim assessment. Environment Agency Bristol. Disponible en: <http://www.environmentdata.org/archive/ealit:4290>

y que trabajen de forma integrada y conjunta con los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad, la Fiscalía y las Fuerzas Armadas (figura 1).



Figura 1. Respuesta integrada y coordinada frente al agroterrorismo

La prevención y respuesta frente al agroterrorismo tiene por objetivo conocer el origen del brote a la mayor brevedad posible para prevenir la diseminación y reducir las pérdidas asociadas al brote. Y en el caso de ser un acto intencionado perseguir a los culpables y llevarlos hasta la justicia. Para ello es preciso:

- Potenciar la coordinación interdepartamental.
- Establecimiento de programas de monitorización.
- Establecimiento de una red de laboratorios.
- Almacenamiento de productos inmunoprofilácticos.
- Potenciación de medidas de bioseguridad y vigilancia.
- Formación y entrenamiento de los actores implicados.

4. Conclusiones

- Los sistemas productivos son vulnerables al empleo intencionado de agentes biológicos. El sector ganadero, en función de su organización y desarrollo, puede ser más sensible a los efectos de diseminación intencionada de un agente biológico ya que el impacto económico puede ser brutal para la economía de un país o incluso de una región.

- El arma biológica es un arma fundamentalmente estratégica, dirigida contra la riqueza productiva de una región geográfica. En función del tipo de agente que se utilice y del objetivo que se pretenda los efectos serán mediados en el tiempo. Más si cabe cuando se habla de agentes biológicos dirigidos contra las cosechas, donde los procesos extractivos son mucho más amplios en el tiempo, donde la diseminación de un agente transmisible es más compleja en comparación a un agente biológico que afecte al ganado ya que los movimientos de población son más dinámicos en función de qué fase de explotación se trate y qué especie sea. Estas diferencias motivan que los actores estatales se hayan decantado por desarrollar programas biológicos contra las cosechas, mientras que los actores no estatales, generalmente movidos por intereses económicos, pudieran decantarse por agentes biológicos que afectaran a los animales.
- La evaluación de la amenaza debe de ser muy cuidadosa en función del tipo de escenario que se plantee, ya que no es lo mismo que el objetivo último sea alterar un mercado muy regulado a merced del cierre de fronteras por un brote de una enfermedad altamente transmisible que tratar de provocar un estado de inseguridad alimentaria que tenga consecuencias políticas en un plazo mayor o menor de tiempo.
- Conceptualmente el agroterrorismo plantearía menos problemas de conciencia que el bioterrorismo a aquellos individuos que están dispuestos a utilizarlos, además de reducir el riesgo personal de resultar afectado por el agente. Hecho que aumenta las posibilidades de empleo por parte de organizaciones terroristas no apocalípticas.
- Se considera necesario incluir al agroterrorismo como uno de los desafíos a los que hay que hacer frente, potenciando los sistemas de alerta epidemiológica e integrando a todos los actores implicados para así mejorar el sistema de comunicación de brotes.
- Resulta prioritario concienciar a toda la cadena productiva sobre la amenaza derivada de acciones criminales / terroristas cuyo objetivo sea la cadena productiva al objeto de fomentar la bioseguridad de las explotaciones.
- Al objeto de mejorar la preparación y respuesta resulta necesario:

- Valorar la inclusión del agroterrorismo, o mejor expresado, los riesgos y amenazas a los sectores productivos, en la necesaria estrategia de biodefensa subordinada, como estrategia de segundo nivel de la Estrategia de Seguridad Nacional (ESN-21) al objeto de contemplar de una manera integral el riesgo bio y la amenaza bio, más cuando se trate de microorganismos o agentes biológicos de carácter zoonótico.
- Concienciar a toda la cadena productiva sobre las amenazas derivadas de acciones criminales/terroristas. Formar a los veterinarios/ingenieros agrónomos y resto de profesiones sanitarias en enfermedades emergentes y reemergentes.
- Fomentar la realización de ejercicios y/o simulacros de preparación que integren todos los niveles de respuesta, incluidos el sector productivo así como si así se considera a las Fuerzas Armadas al objeto de establecer los protocolos de colaboración y de integración de capacidades.

Capítulo sexto

Inteligencia y medidas de preparación y respuesta ante el empleo intencionado de agentes biológicos

María del Carmen Aríñez Fernández

«I play with microbes. There are, of course, many rules to this play...but when you have acquired knowledge and experience it is very pleasant to break the rules and to be able to find something nobody has thought of»¹.

Alexander Fleming

Resumen

El atractivo de las armas biológicas para su uso en ataques terroristas se debe al acceso fácil a un amplio rango de agentes biológicos que producen enfermedad, a sus bajos costes de producción, a ser prácticamente indetectables por los sistemas de seguridad rutinarios, a su fácil transporte y a la posibilidad de dispersión mediante pequeños dispositivos, con mínima exposición de la propia salud de la persona que lo maneja.

¹ Juego con microbios. Este juego tiene muchas reglas..., pero cuando se adquiere conocimiento y experiencia es un placer romper las reglas y ser capaz de encontrar algo sobre lo que nadie ha pensado.

Una coordinación y cooperación eficaz entre distintos actores a nivel nacional e internacional, exige tener conocimiento de la situación presente y futura en materia de agentes biológicos. Un sistema de inteligencia robusto puede aportar información analizada, oportuna, anticipada que facilitará el planeamiento y la preparación de los recursos materiales y personales necesarios para hacer frente a los posibles incidentes.

Palabras clave

Agentes biológicos, inteligencia, terrorismo, NBQR.

Intelligence and preparedness and response measures for the intentional use of biological agents

Abstract

The attractiveness of biological weapons for use in terrorist attacks is due to their easy access to a wide range of biological agents that cause disease, their low production costs, their being practically undetectable by routine security systems, their easy transport and the possibility of dispersion through small devices, with minimal exposure to the health of the person who handles it.

Effective coordination and cooperation between different actors at the national and international level requires knowledge of the present and future situation regarding biological agents. A robust intelligence system can provide analyzed, timely, anticipated information that will facilitate the planning and preparation of the material and personal resources necessary to deal with possible incidents.

Keywords

Biological agents, intelligence, terrorism, CBRN.

1. Introducción

Los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001 y los envíos de esporas de *Bacillus anthracis*, agente responsable del carbunco o ántrax, por correo postal a políticos y otros estadounidenses, que causaron la muerte de cinco personas y a los que siguieron falsos envíos de esporas en muchos países incluyendo España, mostraron al mundo la facilidad con la que terroristas o grupos organizados pueden utilizar otros recursos diferentes a las armas convencionales para atacar, para tratar de conseguir sus objetivos y vulnerar las medidas de seguridad establecidas, poniendo en jaque la seguridad nacional.

El empleo de agentes biológicos con fines criminales o terroristas era ya un tema de preocupación en varios países antes de esa fecha. Se habían instaurado medidas de vigilancia y seguridad, sin embargo, en 2001 no fueron suficientes. Estos ataques motivaron una revaluación de los sistemas de vigilancia, seguridad y se puso de manifiesto la importancia de la salud pública, entre otras acciones.

Varias voces realizaron llamamientos a incrementar los esfuerzos internacionales para fortalecer las capacidades en Estados Unidos y en otros países.

«Debemos maximizar nuestros recursos colectivos y conocimientos especializados para mejorar nuestra seguridad sanitaria en el ámbito nacional, regional y mundial»².

A partir de ese momento, la amenaza de la utilización de agentes biológicos como armas terroristas se convirtió en una realidad y superó cualquier barrera o frontera. Ya nadie estaba a salvo. Como respuesta, las autoridades de EE. UU. aprobaron la «Ley de seguridad de la salud pública, preparación y respuesta contra el bioterrorismo de 2002» (Ley contra el bioterrorismo).

El atractivo de las armas biológicas para su uso en ataques terroristas se debe al acceso fácil a un amplio rango de agentes biológicos que producen enfermedad, a sus bajos costes de producción, a ser prácticamente indetectables por los sistemas de seguridad rutinarios, a su fácil transporte y a la posibilidad de

² Tommy, G. Thompson, secretario de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, en un discurso durante una reunión ministerial sobre seguridad sanitaria internacional.

dispersión mediante pequeños dispositivos, con mínima exposición de la propia salud de la persona que lo maneja.

En la actualidad, el desarrollo de la biotecnología a un ritmo rápido sin precedentes y el intercambio de información y conocimientos a nivel global, pueden propiciar el uso de este tipo de agentes por distintas organizaciones o grupos. Estos actores no tienen por qué ser especialistas en temas biológicos, por lo que el seguimiento y vigilancia de profesionales sanitarios (médicos, veterinarios, etc.), no sanitarios, científicos, etc., no es suficiente para evitar la introducción efectiva de agentes biológicos en nuevos contextos.

Después del 2001, la tecnología ha contribuido al rápido conocimiento en detalle de ciertos patógenos, de sus características microbiológicas básicas, de su posible manipulación genética, epidemiología y vías de transmisión. La pandemia por SARS-CoV-2 (COVID-19) es un ejemplo de cómo el desarrollo tecnológico ha permitido tener en un corto periodo de tiempo el material genético del virus a disposición de numerosos laboratorios a nivel mundial para fabricar pruebas diagnósticas específicas y vacunas.

La amenaza biológica, y en su extremo el uso intencionado de agentes biológicos con intención terrorista, es una amenaza real. La información de la que dispone la Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL)³ indica que pueden tener la capacidad y el ánimo de usar agentes biológicos para provocar daño tanto algunos estados como organizaciones, grupos terroristas o personas a nivel individual. Los expertos consideran que es poco probable que se produzca un ataque masivo, que podría ser detectado de forma rápida. Sin embargo, estiman que es más probable que se incremente el número de brotes de enfermedades endémicas u otros cuadros clínicos difíciles de atribuir a un ataque terrorista. Por ello, se debería contemplar de un modo más detallado el empleo de agentes biológicos en escenarios de terrorismo.

Los episodios en los que intervienen agentes biológicos, ya sea por intervención natural o malintencionada, van a causar importantes consecuencias en los países, como ha demostrado la crisis desencadenada por la COVID-19. Continúan todavía hoy los efectos sociales, económicos y el gran impacto ocasionado sobre

³ Interpol: <https://www.interpol.int/es/Delitos/Terrorismo/Bioterrorismo> [Consultado 25-09-2022].

el Sistema Nacional de Salud, sobre la salud pública. Esta pandemia que se ha extendido a nivel mundial ha puesto de manifiesto la necesidad de colaboración entre los distintos actores, a nivel nacional e internacional para hacer frente a estas situaciones de crisis.

«Las amenazas biológicas, como agresiones transversales que afectan a distintos actores y estructuras del Estado, exigen una respuesta coordinada y conjunta, tanto a nivel nacional por parte de las diferentes administraciones públicas implicadas, incluyendo la cooperación entre el sector público y el privado, como a nivel internacional» (López-Muñoz).

El estudio «COVID-19 y bioterrorismo» del Real Instituto Elcano (Reinares), en sus conclusiones recomendó a los gobiernos nacionales que tomen medidas de prevención, detección y respuesta temprana, añadiendo una cobertura de los sectores sociales vulnerables y al mantenimiento de la seguridad pública, con programas de anticipación y emergencia coordinados a nivel nacional e internacional, en especial en el marco comunitario, complementado con iniciativas regionales enmarcadas en estrategias globales. Estrategias que deben contar con un refuerzo de los recursos relacionados con la salud pública para hacer frente de forma eficaz a los efectos de un ataque con agentes biológicos sobre la salud de los ciudadanos y sobre la seguridad nacional.

Una coordinación y cooperación eficaz entre distintos actores a nivel nacional e internacional, exige tener conocimiento de la situación presente y futura en materia de agentes biológicos. Un sistema de inteligencia robusto puede aportar información analizada, oportuna, anticipada que facilitará el planeamiento y la preparación de los recursos materiales y personales necesarios para hacer frente a los posibles incidentes con agentes biológicos, y será la base para el desarrollo de planes y estrategias de respuesta.

Varias son las voces que reconocen que la situación de biodefensa y bioseguridad es un problema a nivel internacional que se apoya en dos pilares básicos: la seguridad y la salud pública, aunque la mayoría de los antecedentes que causan actos de terrorismo son razones políticas. En el área de la amenaza por uso intencionado de agentes biológicos es donde la comunidad científica, el personal médico y de salud pública son imprescindibles.

La mayor parte de los países han sido conscientes de la escasez de recursos materiales y personales, y de lo mucho que hay que

mejorar en planificación para afrontar este tipo de situaciones, tras la experiencia desde hace 11 años con las amenazas para la salud de origen biológico, naturales o intencionadas - como son las cartas postales con *Bacillus anthracis* en 2001, un coronavirus altamente patógeno descrito en 2003; los casos de ébola en países occidentales en 2014 y la pandemia por SARS-CoV-2.

Algunos de estos brotes han llegado a causar epidemias. Todos con gran impacto en la salud pública y que ha tenido consecuencias importantes en todos los aspectos de las sociedades, de sus gobiernos, de sus intereses económicos y políticos. Con el fin de hacer frente de forma eficaz ha sido necesaria la coordinación y respuesta rápida entre las administraciones civiles y militares, las segundas en apoyo de las primeras.

2. Inteligencia y empleo intencionado de agentes biológicos

Nos movemos en un entorno de seguridad en constante transformación debido a la influencia de diversos y múltiples factores que facilitan, aceleran y definen esos cambios.

Ante la situación de incertidumbre que genera el posible uso malintencionado de armas biológicas, y con el fin de afrontar con éxito los posibles factores que modulan el contexto de seguridad, la experiencia muestra necesario disponer de un sistema de inteligencia afianzado.

La inteligencia proporciona un conocimiento del contexto, con frecuencia complejo, de los actores en juego en una situación concreta, su interrelación y su impacto en la seguridad de los ciudadanos en el momento presente y en el futuro. La inteligencia apoya en los procesos de toma de decisiones y en la planificación, provee los informes y valoraciones necesarias que persiguen reducir la incertidumbre. La mejor decisión posible se puede basar en la información disponible en ese momento. Ante una amenaza, entender el alcance de toda la información disponible tendrá como consecuencia la puesta en marcha de medidas efectivas que garanticen la seguridad de las sociedades.

Walsh (2018) define inteligencia como un producto y un proceso con tres características: entorno de seguridad, secreto y vigilancia. El entorno está representado por todas las amenazas y riesgos existentes en un área determinada. El secreto es esencial durante el proceso de investigación de la situación y la vigilancia

incluye estar alerta y seguir a los actores implicados en un episodio determinado.

La inteligencia puede reducir o incluso evitar el efecto de amenazas y emergencias apoyando de forma efectiva los procesos de planificación y toma de decisiones. La inteligencia óptima requiere una colaboración multidisciplinar entre distintos expertos y especialistas, científicos, primeros respondedores, clínicos y otros profesionales capaces de gestionar una crisis (Velikof), en este caso causada por un ataque bioterrorista.

Se debe proporcionar un producto de inteligencia en el momento oportuno, este producto o informe debe contener la información precisa, objetiva y adecuada a las necesidades de inteligencia del decisor en todo momento proveniente de múltiples fuentes.

El contexto en el que se mueven los posibles grupos o personas capaces de utilizar agentes biológicos es tan complejo que hace necesario una estructura de inteligencia sólida y adaptable, que permita seguir la evolución de los hechos. En un entorno globalizado y teniendo en cuenta las características de los agentes biológicos que pueden utilizarse como armas biológicas, su desarrollo, su posible fácil transporte y diseminación, es imprescindible realizar un trabajo coordinado de los servicios y las agencias de inteligencia nacionales e internacionales. La finalidad será intercambiar información y así mejorar la capacidad de respuesta ante las amenazas, así como informar sobre grupos terroristas, sus motivaciones y actividades, así como sus recursos y capacidades.

La complejidad de los ataques bioterroristas y de las medidas de bioseguridad precisan la elaboración de inteligencia estratégica. Este tipo de inteligencia analiza incógnitas de gran impacto para la seguridad a corto, medio y largo plazo y efectúa su análisis. De esta forma, reduce incertidumbre ayudando a pensar en profundidad sobre los asuntos complejos, proporcionando a los gobiernos, a los responsables de garantizar seguridad una base para desarrollar políticas, directivas, programas y planes frente a las amenazas bioterroristas.

La inteligencia estratégica aportará a los decisores una visión del riesgo potencial al que se podrían enfrentar, distintas alternativas de actuación, sus posibles resultados, el impacto sobre la seguridad, las ventajas y desventajas como apoyo a la planificación de las actuaciones que se determinen. Es una inteligencia anticipatoria que plantea varios escenarios y estudia su posible evolución. Pretende determinar el futuro considerando oportunidades

o riesgos potenciales de forma proactiva y establece unos indicadores de alerta temprana que permiten la adopción de medidas con antelación. En materia del uso intencionado de agentes biológicos, la búsqueda de evidencias que permitan anticiparse al futuro y reducir la incertidumbre es vital.

Para ello, es esencial fortalecer las capacidades de alerta temprana que sean capaces de detectar cambios sutiles en los indicadores establecidos, en los que previamente se han determinado unos niveles que marcarán la alerta cuando se superen. Ello es posible si se cuenta con un sistema de inteligencia robusto.

El análisis de inteligencia es un proceso cíclico, continuo, en el que mediante una secuencia compleja de actividades se obtiene información, se analiza y se transforma en inteligencia para difundirla a quien la precise, (PDC-02), y asesorar a los responsables de tomar decisiones.

Es necesario formar y concienciar a las personas implicadas en las distintas fases del ciclo de inteligencia y así optimizar el abordaje del desarrollo de productos de inteligencia, obtener el mayor beneficio de las oportunidades y mejorar la protección contra la amenaza bioterrorista.

La complejidad del contexto relacionado con manejo y utilización de agentes biológicos, precisa de la colaboración multidisciplinar entre distintos expertos en inteligencia. Walsh hace hincapié en la importancia de esta colaboración con el fin de tener una visión holística en materia del uso intencionado de agentes biológicos, más allá de los programas de desarrollo de armamento. Se precisa la inteligencia epidemiológica, análisis forense y social, además de integrar información y conocimiento de factores relacionados con las plantas, los animales y los humanos.

La integración de la inteligencia elaborada a partir de las diferentes fuentes de información, disciplinas de obtención y los campos de inteligencia especializada, proporciona un conocimiento global y un producto de inteligencia más completo, fiable y acertado de los múltiples factores y actores implicados. La doctrina de inteligencia elaborada por el Estado Mayor de la Defensa (PDC-02) describe las disciplinas de obtención de inteligencia (fuentes abiertas (OSINT), fuentes humanas (HUMINT), fuentes a partir de imágenes (IMINT), etc.) y los distintos campos de inteligencia especializada (inteligencia sanitaria (MEDINT), inteligencia de redes sociales (SOCMINT), inteligencia científica y tecnológica

(STI), inteligencia sobre elementos químicos, biológicos, radiológicos y nucleares (CBRN), etc.).

Walsh recalca la importancia de desarrollar una arquitectura de sistemas de información capaz de facilitar el intercambio de información de forma segura entre el personal de inteligencia, las agencias y los gobiernos, ya que la amenaza del uso de agentes biológicos está extendida a nivel global.

Además, en la actualidad, cada vez hay más datos y conocimiento disponible en Internet. Los delincuentes recurren a canales de comunicación ocultos y anónimos, como la web oscura, para comprar, vender e intercambiar información y para comunicarse entre ellos (INTERPOL Manual Operativo) y a nivel mundial.

Es imprescindible contar con expertos en amenazas nucleares, biológicas, químicas y radiológicas (NBQR) y en el ciberespacio «para la investigación del terrorismo biológico y químico en la red oscura, destinado a ayudar a los expertos de las fuerzas del orden a detectar los desencadenantes e indicadores de posibles actividades delictivas relacionadas con el empleo de la red oscura para acceder a materiales biológicos y químicos y comerciar con ellos» como indica Interpol en su Manual Operativo (Interpol).

Actualmente, los medios de comunicación recogen con frecuencia noticias referidas a las «armas genéticas». Como se verá en capítulos posteriores, el desarrollo de la biotecnología y el uso de las técnicas de biología molecular y de hibridación genética pueden conducir al logro de un agente biológico que solo afecte a una determinada población o grupo racial. Esto que para algunos pudiera ser ciencia ficción, parece ser una realidad. La vigilancia y seguimiento de los posibles laboratorios donde se produzca investigación y desarrollo de programas de modificación genética de microorganismos, es una de las áreas claves de la inteligencia dedicada al terrorismo que pueda utilizar este tipo de agentes.

Los expertos en inteligencia juegan un papel decisivo en la valoración de la amenaza, para responder cuál es el riesgo, la probabilidad, de que se produzca un incidente con agentes biológicos y cuál sería su impacto.

Una adecuada estimación del riesgo, como se trata en el capítulo relativo a la estrategia de biodefensa, deberá valorar, además, entre otros factores, la incidencia de enfermedad y de otros efectos adversos, así como las posibles respuestas al ataque. Dicha estimación permitirá responder las preguntas críticas necesarias

para transmitir la información a la población y a los responsables de la toma de decisiones políticas y prácticas.

Se define «conciencia situacional» (*situational awareness* en el argot anglosajón) a la inteligencia que facilita el conocimiento sobre la magnitud del incidente con el fin de entenderlo (cuántas personas fueron infectadas, lugar, posible diseminación del agente, cuándo sucedió, etc.) y así tratar de estimar cuál será la evolución del incidente, cuántas personas más se verán afectadas, se podrá realizar la planificación de capacidades, incluidas las sanitarias, y de los recursos materiales para atender a las víctimas.

Ante estos nuevos tipos de amenaza para la salud pública, los Centers for Disease Control de Estados Unidos de América (CDC) recomiendan que el personal sanitario esté formado y alerta para el reconocimiento de enfermedades que pudieran estar asociadas con la liberación intencionada de agentes biológicos; hacen hincapié en fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica e insisten en el establecimiento de sistemas de información que proporcionen información en tiempo real. Sistemas de información que deben incluir indicadores sensibles frente a los distintos agentes o los diferentes cuadros clínicos y que, al mismo tiempo, sean interoperables entre los responsables de la gestión de la situación de crisis. De esta forma se facilitará que la toma de decisiones sea ágil en cuanto al desarrollo de planes de emergencia para el aislamiento, prevención de la diseminación y tratamiento de los casos. Todas ellas constituyen medidas importantes de prevención secundaria.

La Organización Mundial de la Salud, los CDC y el ECDC europeo, incluso el Ministerio de Sanidad de España a través del Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES) (Ministerio de Sanidad), tienen en cuenta la inteligencia epidemiológica con el fin de originar asesoramiento precoz, anticipado en la medida de lo posible, y con información verificada sobre eventos relevantes para la salud pública, para tomar decisiones de forma ágil e implementar medidas de prevención y control tempranas.

Se define inteligencia epidemiológica como «el proceso de detección, cribado/filtrado, verificación, análisis, evaluación e investigación de la información de aquellos eventos o situaciones que puedan representar una amenaza para la salud pública y las

actividades relacionadas con las funciones de alerta temprana» (Rodrigues-Júnior). Es un proceso dinámico equiparable al ciclo de inteligencia de la inteligencia general.

En el ámbito militar, se incluye la inteligencia sanitaria entre los campos de inteligencia especializada que aporta inteligencia y se integra en la inteligencia general. La doctrina de inteligencia publicada por el Estado Mayor de la Defensa (PDC-02) y la doctrina OTAN (AJMed-P-3) la definen como la inteligencia que resulta del análisis de información sanitaria, biocientífica, epidemiológica, medioambiental y cualquier otra relacionada con la salud humana o animal.

Durante la pandemia por COVID-19, en abril de 2021, el Ministerio de Sanidad anunció el refuerzo de las capacidades de inteligencia sanitaria, entre otras, con el fin de mejorar el Sistema Nacional de Salud, mediante la mejora de la capacidad para gestionar eficazmente el conocimiento disponible y la capacidad de evaluar los riesgos y definir las respuestas adecuadas en cada momento (La Moncloa, prensa, sanidad).

La inteligencia epidemiológica (o inteligencia sanitaria) debe ser elaborada por un equipo multidisciplinar que implique a varios profesionales, sanitarios y no sanitarios, con el fin de abarcar todos los aspectos que contribuyan a realizar un mejor análisis (epidemiólogos, veterinarios, matemáticos, etc.).

Las autoridades sanitarias de un gran número de países han puesto en marcha programas de vigilancia epidemiológica y respuesta rápida frente a las enfermedades infecciosas emergentes o reemergentes, ya sean debidas a procesos naturales o por liberación intencionada.

La vigilancia epidemiológica debe contar con dos sistemas:

- Vigilancia basada en indicadores que consiste en la recolección, análisis e interpretación de datos estructurados provenientes de sistemas de vigilancia existentes.
- Vigilancia basada en eventos que consiste en la captura, filtrado y verificación de información sobre eventos que pueden tener una repercusión en salud pública provenientes de diferentes fuentes oficiales y no oficiales.

3. Medidas de preparación y respuesta

El uso intencionado de agentes biológicos es una amenaza generalizada y compleja que incluye a numerosos actores. El esfuerzo en contrainteligencia debe ser proactivo y preventivo para detectar, disuadir y contrarrestar las actividades relacionadas con el uso indebido de agentes biológicos.

La experiencia ante el uso de agentes biológicos demuestra que las medidas más eficaces para evitar o reducir que ocurran ataques terroristas es prevenir su ocurrencia, prepararse ante posibles diferentes escenarios con los recursos materiales y personales adecuados y responder con agilidad ante un ataque bioterrorista.

La respuesta a un incidente biológico ya sea accidental o deliberado, necesita de la coordinación de distintos sectores. Por ello, es primordial contar con inteligencia estratégica que favorecerán el desarrollo de estrategias de prevención, preparación y respuesta estructuradas y disponer de un sistema coordinado de intercambio de información e inteligencia sobre terrorismo que puede utilizar agentes biológicos a nivel nacional y con otros países.

Además, con el fin de proporcionar una respuesta integral, se debe incrementar la cooperación internacional en materia de medidas de preparación y respuesta en el ámbito bilateral y en los órganos multinacionales de seguridad y defensa a los que pertenece España.

El rápido desarrollo de la biotecnología y la rápida difusión actual de conocimientos a nivel mundial, son factores determinantes que deben ser incluidos en las estrategias de preparación y respuesta.

Las medidas puestas en marcha para luchar contra el terrorismo que utiliza agentes biológicos son medidas disuasorias, negación del acceso a capacidades relacionadas con armamento capaz de difundir material biológico, medidas defensivas frente a los posibles ataques terroristas y medidas de respuesta tras los ataques.

3.1. Medidas preventivas o disuasorias

Su objetivo es impedir el uso de agentes biológicos por determinadas personas o grupos y minimizar las consecuencias y el impacto en caso de que se utilicen con finalidad criminal o terrorista.

Las medidas preventivas incluyen, además, todas aquellas medidas que tienen como objetivo evitar que los terroristas tengan acceso a los agentes biológicos, como se describe en el capítulo que trata la arquitectura de seguridad internacional, como son:

- Fortalecimiento de la cooperación entre los países aliados y de los tratados internacionales.
- Programas nacionales de prevención de proliferación y mitigación de riesgos.
- Vigilancia y control de la importación y exportación de materiales y productos de doble uso.
- Vigilancia y control de la industria y de aquellos proveedores de productos biológicos para que no faciliten «materiales peligrosos» a grupos potencialmente terroristas.
- Medidas para evitar o reducir el intercambio de conocimiento, tecnología, equipos y bienes de uso bioterrorista.
- Aumentar el control sobre la tecnología asociada al desarrollo y uso de los agentes biológicos.
- Establecimiento de procesos de verificación de la implantación de las medidas acordadas en la Convención para la Prohibición de las Armas Bacteriológicas y Tóxicas (CABT).
- Establecimiento de planes de formación del personal implicado como primeros respondedores ante un incidente biológico.
- Concienciación de la población a distintos niveles sobre las medidas acordadas en la CABT, explicando las obligaciones y los acuerdos de la convención y su proyección en la sociedad española. De esta forma se trata de implicar a los ciudadanos en el cumplimiento de la normativa para aumentar la seguridad de todos los españoles, como propone el Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación (material divulgativo).
- Medidas sanitarias: incluyen inmunización activa (administración de vacunas); inmunización pasiva (administración de inmunoglobulinas o antitoxinas); quimioprofilaxis (toma de antibióticos). Para la puesta en marcha de estas medidas es necesario disponer de una estimación del riesgo de que ocurra un incidente biológico y se basarán en la probabilidad de que se utilice un determinado tipo de agente. Lo más probable es que se establezcan una vez se haya confirmado el incidente o

después del inicio de síntomas en algunos individuos (US Army Walter Reed).

- Incremento del control y vigilancia de la industria que fabrica dispositivos capaces de transportar y difundir agentes biológicos.
- Establecimiento de medidas de seguridad y protección de las infraestructuras críticas.

En la prevención frente a las amenazas biológicas es esencial la custodia y el control de movimiento del material biológico susceptible de ser empleado como arma. En España, para realizar investigaciones con material biológico se debe cumplir lo establecido en la Ley de sanidad animal y en el Real Decreto que establece los controles veterinarios sobre los productos procedentes de países terceros, cuando se trate de material importado. Es necesario un control exhaustivo de fronteras para evitar la introducción en territorio nacional de elementos infectados. En la estricta vigilancia del cumplimiento de esas normas reside la clave para que el sistema preventivo sea efectivo, como establece el Plan Nacional de Biocustodia, aprobado en España en 2019 (Orden PCI/168/2019).

3.2. Medidas de preparación

Ante la necesidad puesta de manifiesto por la pandemia de COVID-19 de mejorar la salud pública española, incrementando su capacidad de vigilancia y de respuesta frente a los desafíos presentes y futuros de nuestra sociedad, en agosto de 2022 se ha publicado la Estrategia de Salud Pública 2022 (ESP 2022) por el Ministerio de Sanidad y se ha aprobado el anteproyecto de ley por el que se crea la Agencia Estatal de Salud Pública.

La nueva estrategia, ESP 2022, establece cuatro líneas estratégicas de actuación que pretenden abordar las necesidades en salud pública identificadas. La línea estratégica número 2, bajo el epígrafe *Actualizar la vigilancia en la salud pública y garantizar la capacidad de respuesta ante los riesgos y las emergencias en salud* incluye la amenaza de los agentes biológicos entre las amenazas para la salud pública. En el texto se han determinado varias acciones prioritarias que abarcan a estas amenazas:

- Desarrollo e implementación de la Estrategia de Vigilancia de Salud Pública. Acordado durante la Declaración de Zaragoza

sobre Vigilancia en Salud Pública (Declaración de Zaragoza, 2022).

- Mejora de la respuesta ante las amenazas que supongan un riesgo para la salud pública a nivel local, regional, nacional e internacional.

Una de las medidas de preparación que, además, daría al país mayor independencia frente a otros países, será contar con la disponibilidad de las capacidades de producción, almacenamiento y distribución de medicamentos que puedan emplearse en respuesta a un atentado terrorista. Medida esta ya contemplada en la ESP 2022.

En el anteproyecto de Ley por el que se crea la Agencia Estatal de Salud Pública (AESAP) (nota de prensa 20AGO2022), se especifica que la citada agencia tendrá como objetivo la preparación, prevención, detección y respuesta rápida frente a amenazas y riesgos para la salud de la población. Como informó la ministra de Sanidad, mediante la monitorización de riesgos para la salud, elaboración de planes de preparación y respuesta ante riesgos y amenazas actuales:

«La AESAP desempeñará sus funciones en los ámbitos de vigilancia en salud pública, en preparación y respuesta frente a futuras emergencias, en asesoramiento y evaluación, en salud pública internacional y en información y comunicación de riesgos para la salud».

Además de estas actuaciones, se deben acometer otras medidas de preparación:

- Capacitación del personal sanitario capaz de reconocer y detectar los posibles agentes biológicos.
- Desarrollo de dispositivos que faciliten la detección temprana de agentes bioterroristas de mayor riesgo.
- Desarrollo de la normativa pertinente y que contemple todos los enfoques posibles.
- Investigación de seguridad de personas concretas y sus actividades.

España dispone de la Unidad de Alertas y Emergencias en el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) con capacidad para enfrentarse a este tipo de situaciones. En 2014 se implementó un Sistema de Respuesta Rápida (SRR) con capacidad de actuación 24h/7días/365 días al año. Sistema que se ha ido reforzando,

incrementándose las técnicas de detección de agentes patógenos en función de las necesidades que varían en el tiempo a nivel nacional, regional y global. Se trata, por tanto, de un sistema flexible preparado para responder eventualmente ante cualquier amenaza ocasionada por un microorganismo patógeno o un potencial agente bioterrorista.

El Centro Nacional de Microbiología (CNM) del ISCIII, ha desarrollado las herramientas (Delgado-Iribarren) necesarias para responder a cualquier amenaza de salud pública que se pueda presentar:

- a) Sistema de vigilancia epidemiológica adecuado para la detección precoz de casos relacionados con agresivos biológicos.
- b) Red de laboratorios especializados que disponen de técnicas microbiológicas de diagnóstico rápido permitiendo la identificación rápida de agentes que potencialmente puedan utilizarse como armas biológicas.
- c) Redes de trabajo y centros de coordinación a nivel nacional e internacional.
- d) Sistemas de respuesta rápida ante posibles alertas sanitarias.

El diagnóstico microbiológico que permite la identificación del agente resulta fundamental a la hora de tomar decisiones y establecer medidas de control. En casos de sospecha de liberación intencionada la Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB) tiene las competencias para llevar a cabo todos los procedimientos necesarios desde la activación del sistema, la recogida de las muestras por las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado (FFCCSE), la coordinación para el envío a los laboratorios incluidos en la RE-LAB siguiendo la cadena de custodia, el manejo y registro de la información y por último la emisión del informe de resultados.

El primer indicador que se va a producir es un aumento insospechado de casos de una enfermedad, que se debe estudiar con métodos epidemiológicos diseñados para detectar un posible ataque con agentes biológicos.

Documentar la población afectada, las posibles rutas de exposición, signos y síntomas de enfermedad, junto con la identificación rápida de laboratorio de la causa, es fundamental para preparar una respuesta de salud pública.

Un brote producido por un ataque con agentes biológicos puede resultar similar al de cualquier brote natural de naturaleza infecciosa, pero la vigilancia, la respuesta, y la necesidad de recursos para hacerle frente, indudablemente serán muy superiores. La investigación epidemiológica debe comenzar inmediatamente para dilucidar si el brote es intencional o no. Se inicia con la definición de caso para determinar el número de estos y la tasa de ataque, siendo fundamental que esté basado en criterios objetivos.

A continuación, se exponen indicios que deben hacer sospechar un ataque con agentes biológicos:

- La presencia de una gran epidemia de una enfermedad o síndrome similar, o de múltiples epidemias simultáneas o seriadas de distintas enfermedades en una misma población.
- Aumento del número de casos de enfermedades o muertes inexplicables.
- Enfermedad más grave de lo que generalmente se espera para un patógeno específico o que no responde a la terapia habitual. Rutas de exposición inusuales para un patógeno (por ejemplo, por inhalación para enfermedades que normalmente ocurren a través de otras exposiciones).
- Aparición de una enfermedad que es inusual en un área geográfica o en la estación de transmisión o transmitida por un vector que no está presente en el área local.
- Identificación de un solo caso de enfermedad por un agente poco común (viruela, virus causantes de fiebres hemorrágicas), o una enfermedad inusual para un grupo de edad.
- Variantes de microorganismos o patrones de resistencia a los antimicrobianos diferentes de los que circulan, o de un tipo genético similar al de agentes aislados en diferentes tiempos o lugares.
- Mayores tasas de ataque en personas expuestas en ciertas áreas, como dentro de un edificio o de una empresa.
- Brotes de la misma enfermedad que ocurren en áreas no contiguas o bien un brote de enfermedad con impacto zoonótico.
- Declaración de autoría o investigación por parte de los servicios de inteligencia o información.

3.3. Medidas reactivas

Medidas que se pondrán en marcha una vez que la amenaza ha sido identificada y detectada. Es entonces esencial la rapidez en la respuesta y el disponer de las estructuras y medios que permitan mitigar sus efectos. El conjunto de medidas a implementar será de carácter general y medidas sanitarias.

3.3.1. Medidas generales

El objetivo de la puesta en marcha de estas medidas será la notificación temprana del incidente biológico, la identificación ágil del agente implicado, de las personas expuestas, establecer su alcance y así planificar los recursos personales y materiales necesarios para hacer frente a la situación, además de identificar y detener a los terroristas, evitando que se produzcan otros posibles atentados.

Una medida adicional es el refuerzo de las infraestructuras críticas, con el fin de dar continuidad a su funcionamiento y facilitar a la población el contacto personal, en la medida de lo posible.

3.3.2. Medidas sanitarias

Las medidas sanitarias tienen como objetivo proteger a las personas contra los agentes biológicos minimizando la morbilidad y mortalidad, al mismo tiempo que prevenir o limitar las infecciones o intoxicaciones secundarias.

La gestión sanitaria eficaz de un incidente con agentes biológicos incluiría los siguientes procesos:

- Rápida identificación del agente causal mediante sistemas de detección de agentes biológicos. Para ello se debe contar con biosensores de detección rápida y con laboratorios que incluyan los conocimientos y la capacidad necesaria para hacer frente a agentes de alto riesgo y a una tecnología y unos métodos complejos.
- Delimitación de zonas no contaminadas y de zonas contaminadas, haciendo estudio del medio de dispersión empleado y del agente causal.

- Descontaminación precoz de materiales, edificios y de las personas afectadas, cuando así se requiera, con el fin de evitar la diseminación secundaria.
- Diagnóstico precoz de los enfermos que puedan atribuirse al incidente.
- Tratamiento precoz de las víctimas con el medicamento específico, si es posible.
- Activación de los planes frente a incidentes con múltiples víctimas y triaje (IMV) de los planes de emergencia de los centros sanitarios.

3.4. Comunicación

Incluido tanto en los planes de preparación como en los planes de respuesta es fundamental tener establecida una política de comunicación. Comunicación interna (entre las administraciones sanitarias y no sanitarias) para garantizar el conocimiento de la situación en tiempo real, y con el público, esencial para evitar el pánico e informar de las medidas de prevención a tomar y la actuación en caso de sospecha de exposición al agente biológico.

Un aspecto a tener en cuenta es cómo y por qué medios se pone en conocimiento de la población la información relacionada con la posesión y el uso de agentes biológicos, los recursos necesarios, características de los agentes, efectos sobre la población, ciudades, alimentos, etc.

Un factor determinante de las situaciones de ataque intencionado por agentes biológicos, es la gestión de las situaciones de ansiedad o pánico social que puede causar un atentado terrorista y que hace que la situación sea más compleja, más allá de la enfermedad misma. Por ello, son necesarios equipos multidisciplinares especializados y con experiencia en el tratamiento de víctimas y afectados.

Por una parte, una información excesiva y facilitada de forma sensacionalista puede suponer una ventaja y publicidad para los grupos que tienen intención de usar los agentes y podría ser un factor de atracción para algunas personas con voluntad de hacer daño. Por ejemplo, cabe citar la experiencia durante los ataques con esporas de *Bacillus anthracis* en Estados Unidos en 2001. A pesar de que el número de afectados y fallecidos fue escaso, se incrementaron los problemas psicológicos, aumentó la sensación

de inseguridad y de terror desmedido entre los ciudadanos, y se incrementó el consumo de antibióticos de forma masiva. De ello se puede decir que los atacantes consiguieron su objetivo al desvelar una brecha en la seguridad de la población, con la consiguiente pérdida de confianza por parte de los ciudadanos en su sistema de seguridad.

4. Conclusiones

Ante episodios en los que se utilicen agentes biológicos, es esencial poner en marcha una respuesta inmediata coordinando los diferentes agentes implicados, tanto sanitarios (asistenciales, laboratorios, etc.) como otros recursos civiles y militares, para proteger a la población de una forma efectiva, disminuyendo al máximo el impacto social y de salud pública que se puede derivar de tales acciones.

La gestión del riesgo y la preparación y respuesta ante ataques bioterroristas precisan sistemas de información actualizados, además de sistemas de comunicación que permitan transmitir la información y la valoración de la situación de forma rápida.

La respuesta a un acontecimiento biológico, ya sea natural, accidental o deliberado, depende de la coordinación de distintos sectores. Con lo cual es esencial disponer de unas estrategias estructuradas de prevención, preparación y respuesta. Estrategias que incluirán medidas que se pondrán en marcha en base a unos productos de inteligencia oportunos, que incluyan el análisis de todos los aspectos relacionados con la situación compleja y elaborados por un equipo multidisciplinar con formación y experiencia.

Se requiere de estrategias precisas de prevención para responder ante un evento de esta naturaleza. Debe existir un liderazgo organizado de las instituciones de salud y de las instituciones académicas para el establecimiento de planes de respuesta, para el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia epidemiológica, disponibilidad de recursos e investigación operacional de los sistemas de respuesta ante alguna de las posibles catástrofes.

Para que los sistemas de alerta temprana funcionen es necesario el trabajo conjunto y coordinado de los profesionales de salud pública y los analistas de inteligencia, ambos con diferentes intereses. Los primeros atentos a las variaciones de los indicadores de vigilancia sindrómica, por ejemplo, y los segundos alerta por

la posibilidad de que sean actores terroristas los que provocan esos cambios.

En general, la mejor forma de preparar al sector de salud para responder al terrorismo que puede utilizar agentes biológicos es mediante el fortalecimiento de la capacidad de salud diaria. Una capacidad mejorada para detectar y responder a todos los tipos de epidemias, así como a cualquier emergencia relacionada con agentes biológicos, es el enfoque más sólido y tendrá el beneficio a largo plazo de fortalecer a los sistemas de salud en general.

Las medidas de protección necesarias ante una pandemia como la que estamos viviendo y las que nos prepararían ante otra derivada de un ataque bioterrorista coinciden en gran parte. Esas medidas, basadas en la prevención, la detección y la respuesta, muy especialmente en lo que atañe a la existencia de vacunas que permitan contener y mitigar la propagación de un virus, pero también a la cobertura de los sectores sociales más vulnerables y al mantenimiento de la seguridad pública, exigen programas de anticipación y emergencia diseñados de manera coordinada en el ámbito nacional, que en escenarios tan interconectados como el de la UE han de ser complementados con iniciativas regionales a su vez enmarcadas en una estrategia global.

Es necesaria la potenciación de los sistemas de Salud Pública y el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia epidemiológica, así como la colaboración internacional, para reforzar la respuesta a nivel global.

5. Bibliografía

Todos los enlaces se encuentran activos a fecha de cierre del presente documento, 28-09-2022.

Convención para la prohibición de las armas biológicas y las toxínicas (CABT). Disponible en: <https://www.un.org/disarmament/es/adm/armas-biologicas/>

Convención para la prohibición de las armas biológicas: una herramienta para la seguridad internacional. Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación. 2019. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/Divulgacion%20CABT_tcm30-190285.pdf

Comparecencia en la Comisión de Sanidad y Consumo del Senado. Sanidad desarrollará mejoras para alcanzar un Sistema Nacional de Salud más progresivo y acorde a las

- exigencias a una sociedad desarrollada. La Moncloa, Prensa, Sanidad - 20/4/2021. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/sanidad14/Paginas/2021/200421-sns_progresivo.aspx
- Cote, C. K. PhD. y Glass, P. J. (2018). *Medical aspects of biological warfare*. Ed. Joel Bozne, Office of the Surgeon General. Texas, Borden Institute. US Army Medical Department Center and School. Health Readiness Center of Excellence. Fort Sam Houston.
- Declaración de Zaragoza sobre vigilancia en salud pública. Consejo Interterritorial del SNS. Zaragoza, 9-10 de marzo 2022. Ministerio de Sanidad. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/sanidad14/Documents/2022/100322-declaracion_zaragoza.pdf
- Delgado-Iribarren A, et al. (2020). 67. El laboratorio de microbiología en respuesta al bioterrorismo. *Procedimientos en Microbiología Clínica*. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). Disponible en: <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia67.pdf>
- Estrategia de Salud Pública 2022. ESP 2022. (2022). Ministerio de Sanidad. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/en/ciudadanos/pdf/Estrategia_de_Salud_Publica_2022___Pendiente_de_NIPO.pdf
- Gerstein, D. y Giordano, J. (2017). Rethinking the Biological and Toxin Weapons Convention? *Health Security*, 15 (6), 638–641.
- Interpol. Manual operativo de INTERPOL para la investigación del terrorismo biológico y químico en la red oscura. [Consultado 25/09/2022]. <https://www.interpol.int/es/Delitos/Terrorismo/Bioterrorismo>
- Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal.
- López-Muñoz, F, et al. Amenazas biológicas intencionadas: implicaciones para la seguridad nacional. *Sanid. Mil*. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712021000200098&lng=es
- Martellini, M. y Rao, J. (2017). The Risk of Skilled Scientist Radicalization and Emerging Biological Warfare Threats. *IOS Press*.
- Ministerio de Sanidad. ¿Qué es la inteligencia epidemiológica? <https://www.cdc.gov/eis/index.html>

- Ministerio de Sanidad. (Agosto 2022). *Estrategia de Salud Pública 2022 (ESP 2022): mejorando la salud y el bienestar de la población*. Ministerio de Sanidad.
- El Consejo de Ministros aprueba el anteproyecto de Ley por el que se crea la Agencia Estatal de Salud Pública. Nota de prensa 23/08/2022. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/gabinete/notasPrensa.do?id=5837>
- Orden PCI/168/2019, de 22 de febrero, por la que se publica el Plan Nacional de Biocustodia, aprobado por el Consejo de Seguridad Nacional. *BOE* 47.
- PDC-2 Doctrina de inteligencia para las FAS. (2020). Estado Mayor de la Defensa.
- Real Decreto 1977/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los principios relativos a la organización de los controles veterinarios sobre los productos procedentes de países terceros.
- Reinares, F. (2020). COVID-19 y bioterrorismo. Seguridad internacional 20/03/2020. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/comentarios/covid-19-y-bioterrorismo/>
- Rodrigues-Júnior, A. L. (2012). A inteligência epidemiológica como modelo de organização em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*. 17(3):797-805.
- NATO STANDARD AJMedP-3. (2020). Allied joint medical doctrine for medical intelligence. Edition A, version 2.
- Velicof, M. (2020). The importance of intelligence in biosecurity and bioterrorism. *International conference Knowledge-based organization*. Vol. XXVI N.º I. Disponible en: <https://sciendocom/article/10.2478/kbo-2020-0025>
- Walsh, P.F. (2018). *Intelligence, biosecurity and bioterrorism*. London, Palgrave Macmillan.

MODULO III TECNOLOGÍAS

Capítulo séptimo

Tendencias tecnológicas

*Javier Vicente Sánchez
Domingo Marquina Díaz
Pedro Lorenzo González*

Resumen

El avance tecnológico ocurrido en los últimos años ha permitido un avance significativo en el campo de las ciencias de la vida. En un mundo globalizado que cuenta con tecnología interconectada y con aplicaciones múltiples, el desarrollo de una determinada aplicación para un sector en concreto rápidamente se expande a otros sectores y ámbitos, incrementando de manera exponencial la versatilidad de estos avances. Los diferentes avances en informática ocurridos desde mediados del siglo XX han permitido el diseño de nuevos procesos, aplicaciones y protocolos de análisis y manejo de datos biológicos, en especial en estas primeras décadas del siglo XXI. Los avances en el conocimiento sobre la estructura, función e ingeniería de los ácidos nucleicos, en especial ADN, han sido el motor que han permitido, y permiten, la rápida evolución de las tecnologías de ingeniería genética que permiten la edición de microorganismos haciendo que estos adquieran nuevas funciones, o incluso, crearlos desde cero aprovechando información genética depositada en bases de datos y generando microorganismos de manera sintética. La democratización de la ciencia, los protocolos y el conocimiento que la componen, ha hecho que numerosos actores, ya sean científicos de carrera o aficionados, puedan contribuir de manera sustancial al

progreso. El riesgo de estas nuevas tecnologías no reside en ellas mismas, si no en el uso que determinados actores maliciosos puedan hacer de ellas. Cualquier avance tecnológico diseñado para hacer el bien, en cualquier momento, se puede emplear para causar un daño, intencionado o no.

Palabras clave

Biotecnología, edición génica, bioinformática, biología sintética, síntesis de ADN, CRISPR-Cas, tecnología de doble uso, ciencia abierta.

Technological trends

Abstract

The technological advances in the last years have allowed an important development of life sciences. In a global world in which technology is interconnected with multiple options, the development of a certain application for a purpose is rapidly adapted for its application in other fields, exponentially increasing the versatility of such advances. Bioinformatics development since the middle of the 20th century has allowed the design of new process, applications, and analytical protocols for biological data management, especially in the first decades of this century. The advances regarding structure, function, and engineering of nucleic acids, especially DNA, have been the power that has allow, and nowadays allows, the development of genetic engineering techniques. These procedures enable the development of new functions in different microorganisms or even the development of synthetic ones using the genetic information from databases. Science democratization, together with the protocols and knowledge that conforms it, has triggered the collaboration of different people, scientific or amateur. The misuse of the new technologies by some actors conforms its risk since technology is designed for good purposes. Every technological development designed with a good objective could cause, in any moment, a deliberated, or unintended, harm.

Keywords

Biotechnology, genetic engineering, bioinformatics, synthetic biology, DNA synthesis, CRISPR-Cas, dual-use technology, open science.

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un abismo en el conocimiento de las ciencias de la vida. Abismo que año a año va siendo más profundo por el aumento de los conocimientos en ciencia y tecnología. Estos avances han tenido como detonante principal la explosión en áreas esenciales como la biología molecular. En este mismo aspecto, si comparamos los conocimientos que poseemos actualmente con los que potencialmente obtendremos en los próximos años, podríamos considerarlos mínimos. Este abismo de conocimiento abierto en apenas los últimos 20 años no es causa en exclusiva del carácter del descubrimiento, si no, de la velocidad a la que estos se realizan. Esta velocidad viene definida por la inercia del desarrollo de la tecnología durante todo este periodo.

Este conocimiento desmesurado no solo se limita a aspectos sanitarios, sino también a aspectos relacionados con la agricultura, el ambiente, la biotecnología, etc. Diversos autores consideran que, todos estos cambios y avances en el conocimiento están provocando una gran revolución en las ciencias de la vida, revolución que, si es comparada con la revolución industrial del siglo XIX o las revoluciones socioculturales del siglo XX hacen que este, nuestro siglo, pueda ser considerado como el «siglo de la biología» (Moodie *et al.*, 2008).

Hasta este momento, la biología, se había centrado desde su remoto y difuso origen en el estudio de la naturaleza a través de la observación. Paralelamente, durante toda la historia de la humanidad, la naturaleza se ha explotado de una forma totalmente empírica, a través de la dicotomía prueba/error. Un ejemplo de este fenómeno es la selección continua de razas y/o especies en la ganadería y agricultura, pero también de aquellos fenómenos empíricos que actuaban de manera desconocida, como los procesos de fermentación microbiana para la conservación de alimentos. La revolución industrial del siglo XIX se basó en la explotación del máximo potencial de los recursos materiales y energéticos como respuesta a las nuevas necesidades (materiales) de una sociedad en ascenso mediante el aprovechamiento de los medios disponibles.

Así, podemos afirmar que una nueva ciencia, la biotecnología, surge para el empleo como instrumento de toda forma de vida aplicada para el beneficio humano, uso que se nutre de la observación y la

descripción tradicional de los procesos de la naturaleza, así como de la explotación empírica de diferentes aspectos. De la misma forma que la industria ha evolucionado a lo largo de todos estos siglos, la biotecnología ha avanzado adaptándose a las nuevas necesidades, modificando y mejorando los instrumentos (u organismos) según las necesidades de cada momento. La innovación es el principal motor del avance científico, en especial la innovación tecnológica que, no solo debe ser lo más avanzada, sino que también debe comprender un aspecto fundamental del progreso, hacer de lo viejo algo nuevo, es decir, mediante el aprovechamiento de tecnología disponible, crear nuevas aplicaciones o combinaciones que permitan el avance de la ciencia (Moodie *et al.*, 2008).

La convergencia entre la biología y química implican, entre otros, nuevos avances en toxicología y las neurociencias, la convergencia entre genómica e inteligencia artificial, automatización, robótica y computación, suponen importantes avances en los datos genómicos, su manejo y análisis. La unión entre genómica e inteligencia artificial, están a su vez modelando los avances en el desarrollo y creación de nuevos organismos, incluyendo humanos, y como nuestras diferencias y el entorno en el que vivimos (epigenética) nos hacen más susceptibles a enfermedades o a la respuesta frente a medicamentos y tratamientos. Así, los avances en inteligencia artificial y *machine learning* pueden hacer que el diseño de nuevos agentes biológicos para su empleo como armas sea mucho más específico, permitiendo el diseño de un agente que discrimine según del grupo racial, la carga o acervo génico, las vacunas recibidas u otras vulnerabilidades conocidas como ya ocurrió en diferentes programas biológicos en el que se diseñaron armas étnicas (Ethno bomb, 1998 o Project Coast, 1988-1995 (Leitenberg *et al.*, 2012)). El *bigdata* y los *cloud labs*, laboratorios completamente robotizados disponibles en alquiler, facilitan el proceso de escalado de la experimentación, acortando el proceso de diseño-testeo-implantación y aumentando la ratio de éxito (Lentzos, 2020; Lentzos *et al.*, 2020).

A pesar de que estos avances se enfocan de manera general hacia la mejora de la calidad de vida a través de la optimización de tratamientos para determinadas enfermedades, el aumento de la producción agrícola o la eliminación de contaminantes en el ambiente, hace que las mismas tecnologías puedan ser empleadas con objetivos totalmente diferentes, como de destrucción y/o alteración de las condiciones de vida (Moodie *et al.*, 2008). Este pensamiento ya se recogió en la Estrategia Española de Seguridad

de 2011. Este hecho y otros similares hacen que, a los avances alcanzados en el sector biotecnológico y aquellos que están aún por venir, se les denomine herramientas de doble uso (término adaptado del inglés, *dual-use technologies*). Este concepto parte de la premisa de que todo avance tecnológico posee una doble vertiente. Los avances tecnológicos en origen son generalmente diseñados para obtener un noble objetivo, pero si esa tecnología emergente es empleada por ciertos grupos o sectores cuyo objetivo es totalmente diferente, pueden llegar a utilizarse, con distintos resultados, generalmente adversos para los seres humanos y el medio ambiente. Este concepto ha evolucionado progresivamente hacia el concepto *dual use research of concern* (DURC) para hacerlo así más restrictivo y que se refiera exclusivamente a determinadas investigaciones o técnicas que con el conocimiento actual, puedan, de manera anticipada, aportar conocimiento sobre productos o tecnologías que pueden directamente emplearse de manera inadecuada por otros con el objetivo de desestabilizar a la población, la salud y la seguridad (Lentzos, 2020). El objetivo político y legislativo tradicional ha sido el control de una lista de organismos patógenos empleados de manera tradicional como herramientas de destrucción masiva, así como el control de diferentes aspectos como la biocontención de estos cuando se emplean en laboratorio. Por el contrario, el concepto de DURC, adoptado por la legislación, incluiría, las nuevas herramientas biotecnológicas que pueden emplearse para la generación de microorganismos con características mejoradas en cuanto a patogenicidad, transmisión, mortalidad (mediante técnicas de edición génica), reordenación metabólica o incluso la generación de nuevos organismos empleando técnicas de biología sintética.

El desarrollo científico implica la difusión del conocimiento y la tecnología, lo que sumado al doble uso que se puede hacer de estos avances, ha provocado un cambio importante en la seguridad mundial como han manifestado el Comité Internacional de la Cruz Roja y Medina Luna Roja. Con el avance y el desarrollo de los procesos biotecnológicos, que son cada vez más baratos, eficientes y aplicables por una mayor diversidad de agentes, se ha incrementado la posibilidad de que alguien se encuentre interesado en un uso malicioso de esta. El acceso a infraestructuras y material biológico es, en algunas ocasiones, el menor de los problemas al que un determinado actor potencialmente agresivo se enfrenta si su objetivo es el empleo de un agente biológico *tradicional*. La infraestructura puede encontrarse en un laboratorio con unos medios básicos como laboratorios de investigación

en centros educativos o puede adquirirse de manera fácil a través de la red. En cuanto a los agentes biológicos, en caso de no tener acceso a aquellos depositados en colecciones por no tener los permisos necesarios, se puede llevar a cabo mediante procedimientos de aislamiento y selección de estos agentes que se encuentran presentes en la naturaleza. En la actualidad, el mayor riesgo se encuentra en el potencial que supone la biología sintética, que permite la creación (o modificación) de microorganismos o agentes biológicos prácticamente desde cero. Otro de los factores que más riesgo entraña para la seguridad es el hecho de que, en ocasiones, no es el material, si no el conocimiento, el desafío al que se enfrenta la seguridad. Las personas u organismos que poseen los conocimientos científicos para poder desarrollar todos estos procesos pueden decidir cómo aprovecharlos, así si se opta por la proliferación de agentes biológicos, una mayor disponibilidad de conocimientos permite situarse en un nivel superior en la curva de aprendizaje que lleva a alcanzar el éxito en un ataque biológico, lo que reduce los esfuerzos necesarios para lograr los objetivos.

A pesar de los riesgos que pueden llegar a suponer las tecnologías emergentes, debemos reconocer, que también pueden y, sobre todo, deben, jugar un papel fundamental en la prevención y la defensa frente a esos posibles ataques o actos subversivos empleando agentes biológicos. El avance en el conocimiento y las herramientas disponibles, deben servir para el desarrollo de sistemas para la vigilancia, detección y respuesta frente a posibles ataques empleando agentes biológicos conocidos o por conocer.

2. Bioinformática

En los últimos años, uno de los campos de las ciencias biológicas que más incrementos ha experimentado ha sido la bioinformática. Se trata de una subdisciplina que aúna la informática al servicio de las ciencias de la vida para el análisis, almacenamiento y diseminación de datos biológicos.

La bioinformática, podemos decir que es una ciencia en sí misma, transversal a varias áreas de la ciencia: ingeniería, programación, física, matemática, estadística, y claro está, la biología y todas sus ramas. Al tratarse de una disciplina transversal a multitud de campos de la ciencia, es, actualmente, la viga maestra sobre la que se apoyan todas las disciplinas de las ciencias de la vida.

A pesar de ser una ciencia que ha sufrido su mayor crecimiento y aplicación en las últimas décadas, el origen de esta disciplina se remonta a mucho antes, cuando los ordenadores de sobremesa eran impensables y la importancia del ADN apenas se estaba comenzando a vislumbrar (en 1952 se demuestra el papel que desempeña el ADN en el almacenamiento de información y en 1953 Watson y Crick publican sus estudios sobre la estructura en doble hélice del ADN). Es en la década de 1950 cuando aparecen las primeras aplicaciones de la bioinformática, basados, no en el análisis del ADN, si no de las proteínas. Esta primera aproximación se logró gracias al avance en las técnicas de cristalización de proteínas que permitieron la secuenciación de las primeras proteínas a través del método desarrollado por Edman que permitía secuenciar pequeños péptidos de hasta 60 residuos. Determinar la estructura primaria de una proteína de alto peso molecular requería, primero, fragmentar y secuenciar cada uno de estos fragmentos para, después, unir las diferentes secuencias obtenidas. El procesamiento de estas uniones para dar lugar a una sola cadena de mayor longitud fue lo que propició el interés por el desarrollo de diferentes procesos que automatizasen el alineamiento. Así, a inicios de los años 60 se desarrolló el primer *software* conocido para análisis bioinformático (Gauthier *et al.*, 2019).

El primer programa informático fue un hito en la automatización del análisis, pero no dejaba de ser una colaboración *puntual* entre dos campos científicos bastante alejados: biología e informática. El verdadero origen de la bioinformática se lo debemos a Margaret Dayhoff, química-física americana pionera en la aplicación de diferentes métodos computacionales en el campo de la bioquímica. David J. Lipman, director del NCBI (National Center for Biotechnology Information), la describió como «la madre y el padre de la bioinformática».

Posteriormente, con la democratización de los conocimientos en bioinformática y principalmente en el continente americano, se consiguieron importantes avances, como el alineamiento múltiple de secuencias proteicas para establecer relaciones filogenéticas. A partir de este momento se comenzaron a desarrollar diferentes métodos de análisis de filogenia basados en el alineamiento de secuencias y en el análisis matemático de estos. Por tanto, es en este punto, donde la bioinformática pasó de ser una herramienta más a un fin en sí mismo.

A finales de los años 60 fue cuando se terminó de relacionar la información contenida en el ADN con la contenida en las proteínas

a través del análisis y descripción de todos los codones empleados en la traducción de ADN a proteínas. Por tanto, cuando el ADN comienza a ser relevante y somos capaces de comprender la información que contiene a través de las proteínas que sintetiza. No es hasta 1977, 25 años después de haber secuenciado la primera proteína, cuando el equipo de Frederick Sanger describe el protocolo de síntesis y electroforesis para la secuenciación del ADN que, con ciertas modificaciones, es el método que se sigue empleando para la secuenciación del ADN (Gauthier *et al.*, 2019). Desde ese momento, se desarrollaron múltiples aplicaciones de análisis bioinformática de secuencias de ADN, para el alineamiento, comparación o búsqueda de patrones o motivos en estas secuencias.

En 1977 aparece el primer ordenador destinado a usuarios. La democratización de la tecnología hace que múltiples entidades desarrollen herramientas bioinformáticas de utilización en cualquier laboratorio. En 1984, un grupo de investigación en genética de la Universidad de Wisconsin lanza el primer programa de análisis bioinformático para usarse en estos ordenadores a nivel de usuario, destinado a la manipulación de secuencias de ADN, ARN o proteínas. Desde ese momento, se han liberado multitud de *softwares* para el manejo de información genética y proteínas, de acceso libre y fácil aplicación. Con la liberación de programas y el uso extendido del ordenador de sobremesa, la bioinformática pasa de ser un campo restringido a la élite científica para comenzar a ser una herramienta absolutamente democrática en cualquier campo de las ciencias de la vida.

Durante todo este tiempo han aparecido diferentes movimientos de *software* libre, programas no sometidos a licencias de marcas o servidores en los que al tratarse de un método experimental más, se considera que debe ser de libre acceso, uso y modificación para toda la comunidad científica. En 1985 Richard Stallman publica el primer manifiesto por el código abierto, el manifiesto GNU, con la motivación de crear un sistema basado en Unix gratuito. Este movimiento se transformó posteriormente en la Fundación de Software Libre, la encargada de mantener la filosofía del acceso libre y gratuito a todos los recursos bioinformáticos. Desde ese momento, tomando como inspiración ese movimiento, han surgido diferentes plataformas como el European Molecular Biology Open Software Suite en el año 1995. No solo ha resultado fundamental la liberación de los diferentes *softwares* desarrollados, si no también, la liberación de datos de manera homogénea,

libre y sin restricciones. A partir de 1986, el European Molecular Biology Laboratory (EMBL), GeneBank y el Data Bank of Japan (DDBJ), llegaron a diferentes acuerdos para la unificación de datos, estandarizando formatos e interconectando el contenido de sus bases.

Alrededor de la década de 1980 se desarrollan multitud de lenguajes de programación enfocados a la biología, como Perl (Practical Extraction and Reporting Language) nacido en 1987 o Python en 1989, diseñado con una sintaxis mucho más sencilla que hace que el código de programación sea fácilmente interpretable sin un elevado conocimiento informático. A partir de los años 2000 se publican las primeras librerías específicas para análisis bioinformático y Python comienza a desplazar a Perl. Hasta ahora han surgido otros lenguajes de programación como C, R o Java que han contribuido al desarrollo de la bioinformática en diferentes aspectos, como el análisis estadístico y visualización de datos con aplicación en metagenómica, transcriptómica o biología de sistemas. La aparición de esta batería de programas enfocados al análisis de datos bioinformáticos de cualquier naturaleza facilitó la explosión de datos de biología molecular ocurrida desde finales del siglo pasado. Sin este tipo de programas bioinformáticos, rudimentarios, pero de gran valía, no habría sido posible la obtención de los primeros genomas de diferentes organismos a comienzos de los años 1990.

No solo se han diseñado y liberado programas para su uso en ordenadores personales o servidores locales, sino que también han surgido importantes iniciativas de bioinformática en línea, donde se emplean servidores externos y de acceso libre para diferentes operaciones. Desde la aparición de la World Wide Web (WWW) a inicios de 1990, numerosas bases de datos se han incorporado a este sistema, además de haber liberado parte de sus servidores para el público en general. Entre 1992 y 1993, tanto la EMBL como el NCBI se incorporaron de manera pública a la WWW, desapareciendo paulatinamente, sus anteriores formas de compartir información, basadas en ediciones en texto y CD. En 1994, el NCBI crea su web, incluyendo accesos a la versión primitiva de BLAST (Basic Local Alignment Tool) programa ampliamente utilizado para el alineamiento de secuencias de ADN o proteínas frente a la base de datos del NCBI, así como otras bases que se liberaron progresivamente: Genomes (1995), base de datos que contiene todos los genomas de multitud de organismos depositados por cualquier investigador, disponibles y

accesibles a cualquier persona o PubMed (1997) base de datos de información y bibliografía científica.

Poco a poco, los investigadores y desarrolladores de programación diseñaron diferentes programas de ejecución on-line que evitaba el paso de instalación y empleo de los programas mediante códigos de programación. Así, desarrollando interfaces sencillas, y visualmente atractivas hicieron que cualquier usuario sin ningún tipo de conocimiento avanzado en informática o programación pudiera emplear este tipo de herramientas.

La primera década del siglo XXI (2000-2010) se considera como la era de la bioinformática de alto rendimiento. Es la década en la que la secuenciación del ADN se ha democratizado con la aparición de diferentes técnicas de secuenciación, denominadas de segunda generación, que permiten la secuenciación de miles o millones de cadenas de ADN en una sola plataforma y al mismo tiempo, planteando nuevos retos computacionales y la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de análisis y procesamiento de la cantidad masiva de datos generados. La explosión de datos generados se debe, no solo al abaratamiento de las técnicas de secuenciación (en 2001, cada megabase secuenciada costaba unos 10 millones de dólares, en la actualidad sobre 1), sino también al desarrollo de técnicas de análisis más sencillas y aplicables.

En el año 2015 se estimó que, en 2025, la genómica sería el sector que mayor cantidad de datos y almacenamiento requerirá en todo el mundo. Se estima que la genómica genere al año entre 2 y 40 exabytes (109 GB; EB / año), seguido de YouTube (1-2 EB / año), la astronomía (1 EB/año) y Twitter (0,017 EB / año). Tal cantidad de datos, públicos y privados requiere no solo de potencia informática para su análisis y manejo, sino también para su almacenamiento. Gran cantidad de datos, se encuentran depositados en bases de acceso público, controladas por diferentes instituciones científicas (<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002195>). No obstante, algunas compañías como Amazon (<https://aws.amazon.com/es/health/genomics/>) o Microsoft (<https://azure.microsoft.com/es-es/services/genomics/>), ofrecen diferentes servicios de análisis y almacenamiento de datos genómicos. Otras plataformas de ciencia colaborativa como BOINC, desarrollada en la Universidad de Berkley, resultan de interés. BOINC es una plataforma en la que expertos pueden lanzar diferentes trabajos que son posteriormente ejecutados aprovechando los recursos computacionales ofrecidos por otros usuarios.

Existen también herramientas para la construcción de rutas genéticas optimizadas como Autodesk's Genetic Constructor o Cello, ambas con una interfaz cómoda de usar que permiten el diseño de diferentes circuitos genéticos para ser empleados en estudios de ingeniería metabólica en diferentes organismos, el diseño modular de proteínas (como Pinecone) o diferentes herramientas online para el diseño de experimentos que implican el uso de CRISPR. En los últimos años se ha puesto de manifiesto el aumento significativo de herramientas bioinformáticas fáciles de usar que no requieran un elevado conocimiento informático para su uso además de diferentes comunidades o plataformas para la diversificación del uso de estas herramientas y de ayuda en el uso de estas.

La biología tiende actualmente a una visión holística de la vida, interrelacionando toda la información disponible. Esto requiere el desarrollo de nuevas técnicas analíticas y de procesamiento de datos. El desarrollo de diferentes tecnologías ómicas son clave para lograr este objetivo junto con el desarrollo de la biología sintética, que se nutre de la bioinformática y la biología de sistemas. El siguiente paso será la biología sintética *in silico*. El desarrollo de nuevas técnicas analíticas y la interconexión entre campos permite, por ejemplo, la aplicación de diferentes herramientas inmunoinformáticas, que permiten el análisis computacional del genoma completo de un determinado microorganismo para la búsqueda de genes codificantes para proteínas que sean la mejor diana para un tratamiento terapéutico como una vacuna (Kumar & Flora, 2020).

Existen dos factores fundamentales para mejorar el empleo de herramientas en bioinformática: nuevas técnicas en el manejo de datos (meta)genómicos y mejora de los sistemas de detección microbiana. Los estudios en biodefensa deben aprovecharse del conocimiento generado en otras investigaciones, aún distantes en los objetivos que persiguen. Algunos de los retos a los que se debe hacer frente en este aspecto son los siguientes (Valdivia-Granda, 2010):

- A pesar de los avances en biología computacional, no hay un avance significativo que permita la identificación de diferentes regiones genómicas de microorganismos relevantes para la biodefensa.
- Existe un elevado grado de desarrollo de las técnicas que permiten la comparación e identificación de motivos, patrones y

estructuras en proteínas, pero aún no se ha conseguido la discriminación de regiones que guardan una determinada relación, pero con origen evolutivo absolutamente diferentes (parálogo), provocando una pérdida en la sensibilidad y especificidad de los cebadores y sondas de detección.

- No existe un protocolo normalizado para identificar, computacionalmente, las regiones genómicas que permiten la detección de organismos con potencial interés en biodefensa bien para diagnóstico, detección forense o la aplicación de contramedidas.

Existen multitud de estudios basados en el muestreo y análisis genómicos empleando diferentes técnicas en multitud de ambientes naturales o antrópicos a lo largo de todo el mundo, así, de manera indirecta, se toman muestras ambientales, de multitud de organismos, bacterias, hongos o virus patógenos o no. De manera general, no existe un consenso en los datos a recoger en la toma de muestras o en la información que debe acompañar a todos los datos generados en este proceso. Resulta por tanto imprescindible, primero, el desarrollo de una terminología homogénea para describir los detalles del muestreo. A pesar de que existen diferentes sistemas de manejo de información científica, como el sistema LIMS, este tipo de sistemas requieren del desarrollo e implementación de un lenguaje más adaptado. Esta modificación haría más fácil la interoperabilidad entre las diferentes bases de datos. Así, las autoridades en biodefensa deberían perfilar una serie de descriptores a incluir en los muestreos, un protocolo de descripción, así como información adicional que no se incluye tradicionalmente en los diferentes formatos de almacenamiento de datos e información de ontología. Algunas iniciativas como el Global Emerging Infectious Disease Surveillance and Response System (GEIS) y el Pathogen Information Markup Language (PIML) persiguen la inclusión de diferentes atributos en las bases de datos. Además, resulta fundamental integrar el sistema de análisis genómico de microorganismos a través de la mejora de diferentes aspectos: desarrollo de nuevas técnicas de moleculares, una base de datos curada con información genómica de aplicación en defensa (incluyendo una óptima información espaciotemporal de acuerdo a lo arriba descrito), desarrollo de mejora de algoritmos de nueva generación para el análisis estadístico y comparativo en la comparación de muestras y perfiles de ADN, así como un registro único de infraestructura BSL-3

y BSL-4 y de investigadores con conocimientos clave en las diferentes disciplinas (Valdivia-Granda, 2010).

Por tanto, la diversidad de riesgos biológicos a los que potencialmente nos podemos enfrentar requieren de una gran cantidad de datos genómicos correctamente almacenados y anotados, así como de una potencia computacional suficiente para el procesamiento y análisis de estos para la detección de toda posible característica que puede ser aprovechada con fines viles, además de la modelización de todas aquellas características biológicas que nos permitan anticipar la posible creación de agentes biológicos sintéticos o quiméricos. Resulta esencial también la mejora de los sistema de clasificación microbianos, considerando no solo las diferencias entre las secuencias genómicas, si no los patrones entre las diferencias encontradas, incorporando además el análisis multidimensional de los metadatos generados cuando se han creado las diferentes colecciones. El diseño de redes neuronales o árboles de clasificación pueden ser útiles para el seguimiento de las diferentes regiones genómicas expuestas a una elevada presión selectiva que pueden resultar en nuevos brotes de enfermedades o la ganancia de función en una determinada especie.

3. Bioprospección

La bioprospección es la búsqueda sistemática de genes, compuestos naturales, diseños y organismos completos en el medioambiente con un potencial en el desarrollo de productos por observación biológica, biofísica, bioquímica y a través de métodos genómicos sin alteración del medio natural. La biodiversidad que habita el planeta aporta tres fuentes clave de inspiración a la ciencia moderna: los productos químicos sintetizados, los genes y las estructuras biológicas. Así, números campos de estudio, entre los que se incluyen el diseño de fármacos, agroquímica, desarrollo de proteínas recombinantes, enzimas, ingeniería mecánica y de sensores, pueden (y deben) inspirarse en estas fuentes.

Los avances no solo han sido posibles gracias a las nuevas técnicas de secuenciación masiva, si no también gracias al avance de las técnicas de análisis bioinformático y las mejoras en el almacenamiento y anotación de los datos. A pesar de que el empleo de métodos *in silico* no pueden sustituir los métodos *in vitro*, en la actualidad sí que permiten obtener una importante cantidad de información para comprender el papel ecológico y el potencial

de los diferentes microorganismos que habitan en un ambiente concreto además del diseño de futuras estrategias de bioprospección y aislamiento de microorganismos viables en el futuro (Vuong *et al.*, 2022). El aprovechamiento de estos recursos depende en gran medida de las técnicas de secuenciación masiva de segunda y tercera generación. Este tipos de técnicas son independientes de cultivo, lo que posibilita el estudio de géneros y especies no cultivables de microorganismos, además de la síntesis de genes artificiales o quiméricos en otro tipo de organismos. En la actualidad disponemos de tres niveles de tecnología diferentes en relación con las técnicas de secuenciación de ADN, generalmente denominadas Sanger (primera generación) y NGS (segunda y tercera generación):

- *Técnicas de primera generación*: apareció en 1977, se basa en la secuenciación por síntesis, la principal técnica es la secuenciación Sanger. Esta técnica se basa en la detección de fragmentos de ADN por electroforesis capilar que son el producto de la incorporación selectiva de didesoxinucleótidos marcados fluorescentemente que impiden continuar la síntesis de ADN.
- *Técnicas de segunda generación*: aparecieron a inicios de los años 2000. El conjunto de técnicas desarrolladas en este periodo se basa en la amplificación clonal de ADN, la secuenciación masiva de forma paralela de numerosos fragmentos y la detección directa sin electroforesis, lo que implica que la longitud de las secuencias sean limitadas. Las principales técnicas son: *pirosecuenciación* (sistemas 454/Roche), detecta luminiscencia proporcional a la liberación de pirofosfatos de la polimerización del ADN; *terminación reversible* (sistemas Illumina), detecta la fluorescencia liberada tras la unión de desoxinucleótidos marcados fluorescentemente de manera reversible; *secuenciación por ligandos* (sistemas ABI/SOLiD), detecta secuencias cortas de 8 nucleótidos secuencialmente ligados con marcadores fluorescentes; *secuenciación por semiconductores* (sistemas Ion Torrent), detecta iones de hidrógeno liberados durante la polimerización del ADN.
- *Técnicas de tercera generación*: aparecen alrededor del años 2010, se basan en la secuenciación de una única molécula de ADN, sin requerir una amplificación previa, y permiten la lectura de secuencias ultralargas. Las principales técnicas disponibles son: *secuenciación SMRT* (sistemas PacBio), detecta nucleótidos fluorescentes incorporados por una DNA polimerasa inmovilizada en una guía de onda de modo cero; *secuencia-*

ción por nanoporos (sistemas Oxford), detecta cambios en el flujo de iones producido por el paso de los diferentes nucleótidos a través de un nanoporo. Este tipo de técnicas utilizan una infraestructura barata y compacta, en la que el secuenciador no es más grande que un teléfono móvil y solo requiere de conexión a un ordenador portátil. El empleo de este tipo de técnicas ha permitido que en la actualidad se consiga secuenciar la información génica de una única célula (*single-cell genomics*).

El empleo de las diferentes técnicas de secuenciación resulta fundamental para la correcta biovigilancia de enfermedades emergentes o la anticipación frente a la liberación intencionada de agentes biológicos. La biovigilancia implica la adquisición, comparación e interpretación de datos biológicos para la comunicación y la toma de medidas correctoras frente a enfermedades emergentes, así como a cualquier amenaza biológica independientemente de su origen (Minogue *et al.*, 2019). Para ello, es esencial conocer en tiempo real la circulación de patógenos y diferentes organismos que puedan causar un daño real y poder decretar las alarmas necesarias. Las nuevas técnicas de secuenciación masiva de ADN resultan fundamentales, actúan como «filtros ciegos» en los que no hay una diana concreta a diferencia de las técnicas tradicionales, donde se emplean PCR en tiempo real o inmunoensayos para la detección de un tipo o un conjunto de microorganismos concretos. La implementación de estas técnicas nos permite un incremento exponencial de la capacidad de detección, no solo de patógenos conocidos, sino también de los desconocidos o de microorganismos modificados genéticamente o sintéticos.

El conjunto de estas técnicas resulta fundamental no solo para la vigilancia, sino también para el diagnóstico clínico y forense, como resaltó ya el grupo de trabajo de ciencia y tecnología de la OTAN en 2019. El uso de estas técnicas permitió la descripción de un nuevo rhabdovirus, Bas Congo virus, en un paciente que presentaba fiebre hemorrágica y la PCR específica para los virus hemorrágicos conocidos daba resultado negativo (Minogue *et al.*, 2019). La secuenciación por NGS de esta muestra clínica permitió, primero, describir un nuevo virus hemorrágico y, segundo, la toma de medidas preventivas. Al disponer de prácticamente el genoma completo del virus se diseñaron tanto un protocolo de PCR directa para la detección del virus, así como una prueba para la detección serológica del mismo. En la ola de casos de ébola ocurrida en 2014 en el oeste de África, la aplicación

de este tipo de técnicas resultó de la misma forma esencial para el control de la epidemia. Las técnicas de NGS se aplicaron tanto para caracterizar el genoma del virus que estaba causando esta nueva ola como para determinar las dinámicas de transmisión del virus. Así, se puede determinar la plasticidad del genoma del virus y la forma de transmisión de este (vía sexual) para la toma de medidas correctoras y el diagnóstico *in situ*. La plasticidad (diversidad) en el genoma de las diferentes muestras aisladas puso de manifiesto la inadecuación de algunas de las técnicas de diagnóstico empleadas hasta aquel momento. Las técnicas de tercera generación (principalmente nanoporos) se han empleado en la detección de diferentes virus en muestras clínicas humanas, con tiempos de detección de entre 10 en caso de carga vírica alta (virus del ébola) y 40 minutos en caso de carga vírica baja (virus de la hepatitis C) (Minogue *et al.*, 2019).

Uno de los papeles más importantes de las técnicas de secuenciación masiva en lo relativo a la biovigilancia es el control de microorganismos o virus liberados de manera accidental o intencionada. El empleo de ADN sintético ha permitido la creación de partículas virales infectivas, tecnología que podría emplearse para la síntesis de diferentes tipos de virus, que pueden además combinarse con algún tipo de edición génica para incrementar la patogenicidad del virus o microorganismos que se desee. En el caso de que este tipo de modificaciones o virus no se esperen, escaparían a las técnicas empleadas tradicionalmente, no así, a los «filtros ciegos» basados en NGS, que, con un procesamiento posterior de los datos, no solo detectaría el virus, si no las modificaciones incluidas por diferentes técnicas de edición génica en el mismo. Este tipo de técnicas se ha empleado, por ejemplo, en la detección de organismos modificados genéticamente utilizados como aditivos en alimentos en productos importados desde China a través de Alemania (Minogue *et al.*, 2019).

Las principales limitaciones de este tipo de técnicas se basan en la discriminación del ruido presente en las muestras, que pueden ocultar la presencia de microorganismos en bajas densidades, lo que requiere de una adecuada profundidad de secuenciación (secuenciación de alta densidad) y un adecuado procesamiento y filtrado de las secuencias resultantes. Requiere además de una estandarización y validación que permita que los resultados puedan ser empleados de manera posterior como pruebas legales frente a una corte penal, lo que implica el diseño de protocolos para la toma, custodia y procesamiento de muestras. Las técnicas

empleadas de manera tradicional como la PCR en tiempo real etc., requieren incluir un control positivo (*gold standard*) para dar el resultado como válido, las técnicas de secuenciación masiva requieren de una base de datos curada y depurada de calidad (Minogue *et al.*, 2019). La FDA de los EE. UU. dispone de una de estas bases de credibilidad internacional y acceso público depositada en el NCBI. Esta base se creó a petición de la FDA, ya que define las técnicas de secuenciación masiva como un conjunto de técnicas que incluyen desde el laboratorio de biología molecular al análisis bioinformático de los resultados que permiten dar un diagnóstico (Minogue *et al.*, 2019).

4. Herramientas de edición genética

La descripción de las técnicas de ADN recombinante a comienzos de 1970 permitió el desarrollo posterior de la biología molecular y la ingeniería genética, así como su aplicación con fines bélicos, como durante el programa biológico soviético de 1973, Biopreparat (Ainscough, 2002). Con el conjunto de herramientas que aporta la ingeniería genética se han clonado y editado multitud de secuencias, codificantes para diferentes tipos de moléculas, procesos metabólicos y fines en multitud de organismos diferentes, de bacterias o virus a organismos superiores (Creager, 2020).

Podemos definir clonación como sinónimo de copia, la copia de información genética de un organismo a otro mediante el empleo de diferentes vectores y técnicas (Creager, 2020). Por el contrario, la edición génica es la modificación de una secuencia específica de ADN mediante el empleo de enzimas que producen cortes en este (nucleasas) y así, en el caso de que sea necesario, introducir, modificar o eliminar fragmentos específicos de ADN.

Las técnicas tradicionales de ganancia (o adquisición) de funciones se basan en el empleo de plásmidos y marcadores de selección. La información molecular necesaria para que una bacteria presente una determinada actividad se consigue introduciendo el gen (o genes) en un elemento extracromosómico, un plásmido, para posteriormente seleccionar aquellos clones que presentan el marcador de selección incluido.

Existen multitud de herramientas de edición genómica en función del tipo de enzima empleada para introducir el corte en el ADN, pero el resultado siempre es el mismo, un corte en el ADN.

Una vez ocurrido el corte, en todos los casos, se presentan dos opciones:

- Unión de extremos no homólogos: *non-homologous end joining* (NHEJ), una vez producido el corte en el ADN, es la maquinaria celular la encargada de reparar esa rotura en el ADN sin ningún tipo de molde o referencia así, durante este proceso, ocurren mutaciones puntuales (INDELS) que provocan la interrupción del gen donde se ha producido el corte, bien por introducción o delección de nucleótidos.
- Reparación dirigida por homología: *homology-directed repair* (HDR), una vez producido el corte, el ADN fragmentado se repara empleando como molde un ADN exógeno en el que parte de la secuencia es homóloga a la región diana, introduciendo así las modificaciones necesarias.

Por tanto, la edición genómica requiere de una enzima que se encargue del corte del ADN genómico diana. Las enzimas empleadas han ido variando en función de la tecnología y el desarrollo de esta (Tröder y Zevnik, 2022). Así, a lo largo del tiempo han aparecido diferentes herramientas para la edición de genomas:

- Meganucleasas: descubiertas en 1985 en levaduras, posteriormente se han encontrado en otros grupos microbianos. Poseen un sitio de reconocimiento fijo, definido por 20-30 nucleótidos, lo que limita el número de genes diana. Posteriormente se modificaron estructuralmente para incrementar la flexibilidad de reconocimiento, reestructurando la proteína completa en cada edición génica.
- Dedos de zinc: *zinc fingers*, descritos en 1985 en oocitos de rana, posteriormente encontrados en otros organismos. Son pequeños motivos de proteínas que poseen la capacidad de unirse específicamente al ADN y estabilizarse por un ión zinc. El reconocimiento de la zona de edición se hace en base a una cascada de módulos que reconocen de manera específica tres nucleótidos.
- Nucleasas de actividad similar al activador de la transcripción: *transcription activator-like effector nucleases* (TALEN), descritas en 2010 como alternativa a los *zinc fingers*, después de descubrir módulos de reconocimiento de ADN formados por ADN en bacterias del género *Xantomonas*. Estos módulos regulan de manera específica la expresión de los genes del vegetal parasitado en función de una región de unión específica a

una secuencia de ADN. Si estos módulos se ligan *in vitro* a una nucleasa similar a la empleada en los *zinc fingers* se puede editar el ADN de una manera mucho más flexible y simple.

- Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas: *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* (CRISPR), descritas originalmente en 2003 y su aplicación para edición genética en 2013. Son pequeñas regiones presentes en el genoma de las bacterias que proceden de infecciones víricas anteriores y que son reconocidas específicamente por una nucleasa (Cas). Conforman el sistema inmune natural de diferentes bacterias, ya que permiten destruir las partículas virales que infectan la célula. Si la molécula que participa en el reconocimiento específico de la secuencia de ADN a degradar se sustituye por una secuencia de 20 a 30 nucleótidos específica, la nucleasa producirá cortes exclusivamente en la zona indicada, lo que permite la posterior reparación mediante NHEJ/HDR.

Por lo tanto, el sistema CRISPR/Cas requiere de una ribonucleoproteína, esto es, una proteína (nucleasa, Cas) unida a una molécula de ARN. La molécula de ARN, a su vez, tiene dos regiones diferenciadas: *crRNA*, forma un «armazón» que la nucleasa emplea para adoptar su conformación estructural envolviéndose sobre este para desempeñar su función de manera adecuada; *tracrRNA*, aporta la especificidad del corte, formada por una región de entre 20-30 nucleótidos complementarios (específicos) a la región que se desea modificar. Entre estas dos regiones se localiza la región PAM (*Protospacer Adjacent Motif*) una región de tres nucleótidos reconocida por la nucleasa y sobre la que se ancla para realizar el corte. Una vez realizado el corte todo el complejo se libera y la maquinaria celular es la encargada de reparar el corte mediante NHEJ/HDR. Respecto a la nucleasa Cas, tradicionalmente se emplea la Cas 9 de *Streptococcus pyrogenes* (Cas9) pero existen otras nucleasas procedentes de otros microorganismos que también se emplean (por ejemplo, Cas12 o Cas13) (West y Gronvall, 2020). Adicionalmente, se han realizado modificaciones en estas enzimas para diferentes fines como el corte de una sola hebra de ADN, funciones activadoras o de inhibición de genes, etc.

El desarrollo y mejora de las técnicas de edición génica ha facilitado su empleo y aplicación, en especial el sistema CRISPR/Cas. Por ejemplo, en EE. UU. se ha empleado para la edición de semillas de interés en agroalimentación. Ya estas modificaciones

escapan a la regulación establecida por la FDA (Carter y Warner, 2018). La industria de biosensores se encuentra en la actualidad en un crecimiento exponencial. Los sensores de primera generación no solo se basan en el empleo de células editadas para responder a un cierto estímulo, si no que el propio sistema CRISPR/Cas es el biosensor para la detección de, por ejemplo, una determinada enfermedad. Mammoth Biosciences (EE. UU.) comercializa un sensor para la detección de diferentes microorganismos patógenos en el hogar mediante un sistema DETECTR (*DNA Endonuclease Targeted CRISPR Trans Reporter*). Existen otros sistemas, como SHERLOCK (*Specific High-sensitivity Enzymatic Reporter unLOCKing*) detectan secuencias de ADN de interés del tipo que sean. Los sensores de segunda generación permitirán aplicaciones más diversas, y se integrarán en tatuajes o tejidos para la detección de condiciones fisiológicas o ambientales, o incluso integrados en bacterias o vegetales que serán sensibles a la presencia de minas o explosivos (Carter y Warner, 2018). Otro campo de estudio que ha sido objetivo de desarrollo desde la aparición de las primeras técnicas de edición génica es la ingeniería metabólica, que permite, no solo la producción de determinadas sustancias por parte de los organismos modificados genéticamente, sino también el diseño de estos para que presenten unas determinadas características que permitan su aplicación directa en ambientes extremos (Carter y Warner, 2018). El desarrollo de la ingeniería metabólica permitirá obtener nuevos materiales, como seda de araña o componentes electrónicos de origen microbiano (Carter y Warner, 2018). Otras aplicaciones de los sistemas de CRISPR/Cas se basan en la corrección de desórdenes cromosómicos, prevención y tratamiento del cáncer, tratamiento de infecciones virales crónicas, o el desarrollo y mejora de modelos de experimentación (organismos o líneas celulares) (Ouaghrham-Gormley y Fye-Marnien, 2019).

Una de las aplicaciones más controvertidas de los sistemas CRISPR/Cas es la generación de impulsores génicos (*gene drive*). Este abordaje se basa en un rasgo modificado que se hereda en (micro)organismos con reproducción sexual. Un organismo que ha sufrido este tipo de modificación hace imponer su rasgo frente al de su pareja silvestre, impulsando o dirigiendo de esta forma los rasgos que una determinada población presenta. Una aplicación de este tipo de abordaje es la eliminación de mosquitos vectores de la malaria, aunque aún se trabaja en la mejora de la difusión de estos impulsores en la población, así como en técnicas que permitan el control de estos dentro de una área

geográfica concreta. Otros abordajes menos agresivos, como el reemplazo génico (*gene replacement*), pretenden no acabar con los individuos, si no sustituir un rasgo negativo por uno neutro, como hacer a los mosquitos incapaces de transmitir la malaria (Carter y Warner, 2018). El desarrollo de técnicas de control de estos impulsores o reemplazos génicos es el cuello de botella al que se enfrenta este tipo de aplicaciones, ya que, a nivel de laboratorio, esas modificaciones son posibles de alcanzar.

Otra de las aplicaciones de los sistemas CRISPR es la incorporación de nuevas moléculas de ADN en el genoma que contienen nuevos nucleótidos y que quedan insertos en el genoma del organismo. Sin duda, esto afectará al organismo, pero amplía de manera notable la versatilidad y aplicaciones de las herramientas disponibles. Empresas como Synthorx (California, EE. UU.) se han interesado en este tipo de modificaciones, incrementado a seis el número de nucleótidos posibles. Así, la posibilidad de crear y modificar selectivamente nuevos códigos genéticos abre un nuevo frente en el campo de la ingeniería genética. Por ejemplo, el uso de este nuevo código genético basado en seis nucleótidos ha permitido el diseño de nuevas proteínas sintéticas con función terapéutica que tienen una actividad mejorada respecto a la proteína original (West y Gronvall, 2020).

El Departamento de Defensa de los EE. UU. ha financiado diferentes proyectos que tienen como objetivo la aplicación de este tipo de modificaciones génicas para el desarrollo de herramientas diagnósticas, organismos editados para eliminar vectores de enfermedades o el desarrollo de biosensores y nuevos organismos con aplicación en biorremediación, desarrollo de nuevos materiales de cobertura y estructurales así como microorganismos productores de biocombustibles u otros materiales para aplicación *in situ* (Carter y Warner, 2018).

Indudablemente los logros alcanzados con la aplicación de los sistemas CRISPR/Cas en relación con la edición génica son excelentes, no obstante, las modificaciones no deseadas (*off-target effects*) son numerosas. No se consideran efectos secundarios, pero, potencialmente, pueden ser mucho más perjudiciales, ya que no desaparecen cuando se elimina el agente causante (West y Gronvall, 2020). En ocasiones, las modificaciones indeseadas son el fruto del diseño poco acertado de las moléculas guía que aportan la especificidad de corte a la enzima. Se producen cortes en lugares no deseados del genoma, diferentes al deseado, dando lugar a mutaciones con efectos negativos que pueden

llevar al fracaso del proyecto por afectar a genes esenciales del organismo modificado (Vogel y Ouaghrham-Gormley, 2018). Uno de los riesgos del uso del empleo de sistemas CRISPR/Cas en organismos (microorganismos u organismos superiores) empleando un vector de transferencia (como un virus) es que durante un tiempo ilimitado el organismo estará produciendo los componentes necesarios para su funcionamiento (proteína y ARN), lo que provocara modificaciones recurrentes y continuadas en el ADN del organismo sin control (Ouaghrham-Gormley y Fye-Marnien, 2019). Establecer medidas de control o emplear directamente la maquinaria necesaria, sintetizada *in vitro* y que se degradará al poco tiempo de haber cumplido su papel en el interior celular, son algunas de las alternativas seguras a la inserción de material genético en el organismo que codifique la maquinaria necesaria. Una opción más avanzada es la inducción y activación del sistema CRISPR/Cas mediante miARN (micro-ARN) inducibles, pequeñas moléculas de ARN que sirven como señales de encendido/apagado de diferentes rutas celulares que regulan la expresión génica. La combinación de estos dos elementos (CRISPR/Cas+miARN) permite la activación en un momento o tejido concreto, lo que puede ser útil en determinadas aplicaciones terapéuticas. Otra forma de control son los sistemas CIRCLE-seq (West y Gronvall, 2020).

Los *off-target effects* no son los únicos impedimentos, otros factores son también vitales para lograr la modificación deseada. En esencia, el sistema lo único que hace es producir un corte (de manera más o menos específica), y es la célula afectada, su maquinaria, la que debe encargarse de reparar ese corte según los dos mecanismos NHEJ/HDR. Los mecanismos de reparación del ADN tienden, de manera general, a empalmar los dos extremos cortados, debido a la formación de extremos romos adyacentes. Así, se ha demostrado a lo largo de los diferentes experimentos llevados a cabo que es más sencilla la interrupción de un gen, dando lugar a la desaparición de la función que cumple, que a la inserción de una nueva función. El tercer problema al que se debe hacer frente son los sistemas de transformación celular, esto es, introducir en el interior de la célula la infraestructura necesaria para la que se dé lugar la modificación deseada en el ADN. Todo tipo de vector (plásmidos, virus, ribonucleoproteínas, etc.) o técnica (electroporación, biolística, etc.) empleado en la transformación lleva asociados sus inconvenientes y retos que enfrentar (Ouaghrham-Gormley y Fye-Marnien, 2019).

La versatilidad y aparente facilidad del empleo de la tecnología CRISPR/Cas ha hecho levantar las alarmas en diferentes sectores de la bioseguridad, ya que en el caso de que se pretenda una aplicación negativa, el daño causado puede ser enorme. Los sistemas CRISPR/Cas podrían emplearse para incrementar la virulencia de microorganismos patógenos, toxinas, la inserción de genes patógenos en microorganismos no-patógenos o el incremento de la supervivencia de vectores de enfermedades. No obstante, debemos considerar que una vez eliminados todos los contratiempos que el desarrollo de un organismo modificado genéticamente puede conllevar, todavía no se dispone de un agente biológico con una actividad letal potencial. Aún es necesario hacer que ese organismos sea capaz de producirse en elevadas cantidades (estrés metabólico por el aumento de actividad catalítica, falta de espacio intracelular, etc.) además de procesar, almacenar y distribuir la biomasa de manera adecuada (Vogel y Ouaghrham-Gormley, 2018).

5. Biología sintética

La biología sintética es la rama de la ciencia que aplica los principios de diseño racional para el desarrollo de nuevos sistemas biológicos, organismos o componentes de novo, y que contribuye, de manera directa, a la producción a través del desarrollo de materiales, tecnologías o procesos (Douglas y Savulescu, 2010).

El aumento exponencial del número de genomas completos secuenciados en las tres últimas décadas ha proporcionado a la biología sintética una plataforma virtual para el diseño y reconstrucción de los factores de virulencia necesarios para introducir los cambios necesarios en los patógenos deseados a través de la manipulación genética de los mismos o para ser empleados como referencia en el ensamblaje de genomas sintéticos completos. Los avances en este ámbito permiten, sintetizar genes implicados en la patogenicidad y colocarlos de manera consecutiva para la creación de genomas quiméricos e incluso completamente sintéticos. Estos virus y bacterias pueden crearse de manera artificial empleando fragmentos de genoma aislados de distintos ambientes, incluso extremos, cadáveres, muestras fecales o a partir de muestras de tejido de cuerpos mantenidos en el permafrost. Algunos hitos en el desarrollo histórico de la biología sintética ponen de manifiesto la capacidad de desarrollo de estos agentes bacterianos o

víricos sintéticos o quiméricos. Entre los logros más llamativos, encontramos (Sharma *et al.*, 2020):

- *Síntesis de bacteriófagos*: el primer bacteriófago artificial fue el ϕ X174, construido en 2003 con el fin de comprender la estructura y función de los genomas virales que infectan a bacterias de interés para la salud humana. Se sintetizó un genoma de 5.386 pares de bases (pb), uniendo los fragmentos de ADN sintético por ciclos de PCR. Posteriormente, en 2005, se rediseñó y sintetizó, el fago T7, con un tamaño total de 39.937 pb, con el fin de estudiar la importancia de las diferentes funciones génicas. Se eliminaron secuencias repetidas de su genoma y se reemplazó alrededor del 30 % de la dotación génica por construcciones sintéticas.
- *Síntesis de virus humanos*: entre 2002 y 2008 se han sintetizado *in vitro* diferentes virus que afectan a la salud humana. El primero fue el virus de la polio (2002) para determinar la funcionabilidad de los factores de patogenicidad. Para la síntesis del virus de la polio se empleó ADN como molde para obtener el material génico del virus (ssARN), que posteriormente se empaquetó *in vitro*. Aprovechando la síntesis del material genético se introdujeron diferentes modificaciones en el genoma para poder realizar los análisis de patogenicidad necesarios en células inmortalizadas (línea HeLa) y en ratones, mostrando una patogenicidad reducida respecto al silvestre. Después se sintetizó el virus de la gripe de 1918 (2005) empleando técnicas de PCR reversa después de empalmar su secuencia a partir de ocho fragmentos de ARN viral obtenidos de tejido humano preservado. Posteriormente, entre 2006 y 2008, se sintetizaron diferentes virus de ARN (de doble cadena), entre ellos: retrovirus endógenos, virus causantes de inmunodeficiencias (HIV y SIV) y virus similares a SARS. Este último virus, ha sido el virus sintético de mayor tamaño (30 kb) empleado para la infección *in vitro* de líneas celulares inmortalizadas después de haber introducido algunas modificaciones en el genoma del virus causante de enfermedades en murciélagos (Sharma *et al.*, 2020).
- *Síntesis de bacterias patógenas*: en 2008 se consiguió la síntesis *in vitro* de la bacteria *Mycoplasma genitalium* reduciendo el tamaño de su genoma al máximo posible (589.970 pb), eliminando los genes no esenciales para su supervivencia aprovechando el conocimiento previo. Este genoma se introdujo en células del género *Mycoplasma* a las que se les había eliminado

su dotación cromosómica original, resultando células absolutamente funcionales. En 2010 se consiguió la primera bacteria sintética con el genoma intacto, sin reducir. En este caso, se empleó *M. mycoides* cuyo genoma se obtuvo de manera sintética, dando lugar así a la primera bacteria totalmente sintética que además incluía en su propio genoma la información codificada de todos los investigadores involucrados en su creación y la frase del físico R. Feynman «No puedo comprender lo que no puedo crear» (Gronvall, 2019).

El punto clave en este tipo de trabajos es la introducción de toda la dotación génica en una infraestructura celular previa que sirva de factoría al nuevo genoma sintetizado. En el caso de las bacterias, hasta ahora, se ha conseguido eliminando la información génica presente en la célula receptora. En el caso de las partículas virales, la cápside es fundamental para la patogenicidad de las partículas virales sintetizadas, existiendo diferentes métodos para la generación de cápsides sintéticas (Sharma *et al.*, 2020).

En caso de que un actor malicioso pretenda usar la biología sintética para la obtención de agentes biológicos, algunos de los objetivos más ambiciosos de esta tendencia son la generación de patógenos a partir de bacterias ubicuas o virus no patógenos a través de la edición genómica de estos o incluso a través de la construcción de organismos sintéticos o quiméricos desde cero para dar lugar a agentes etiológicos concretos causantes de una determinada sintomatología en el organismo infectado (Sharma *et al.*, 2020). Además, estos agentes pueden ser diseñados para afectar a una línea celular concreta (somática o germinal) así como a una raza concreta originando el efecto deseado, como la destrucción de tejido por apoptosis, la proliferación celular descontrolada (cáncer) e incluso la supresión del sistema inmune.

Debemos tener en cuenta que el objetivo de la biología sintética cubre todo el espectro de (micro)organismos. El 80 % de los agentes con potencial bioterrorista son agentes zoonóticos, constituyendo una línea de interacción entre agricultura, medioambiente y salud humana muy fina (*one-health*) (Dixon, 2019). Por ejemplo, los virus zoonóticos, requieren de un reservorio natural en el que multiplicarse y desarrollarse sin causarle daño para dar lugar a enfermedad en su organismo diana. Así, estos virus pueden modificarse genéticamente para que empleen de manera preferencial el sistema de codones humano, lo que haría a este sensible al virus y que fuera rápidamente transmitido de un animal reservorio al humano. De la misma forma, ciertos

virus podrían modificarse para dar lugar a virus silenciosos cuya infección, en origen, no causaría síntomas visibles, infectando de manera críptica al organismo pero insertando oncogenes que de manera posterior, tras la exposición a un estímulo concreto, promueven el desarrollo tumoral del tejido (Sharma *et al.*, 2020).

La biología sintética implica también la síntesis de material genético con valor en sí mismo. El ADN es una poderosa herramienta multifunción, no requiere gran cantidad de energía para su conservación y es especialmente útil almacenando y copiando información. Traduciendo el código binario a un código alfabético de cuatro caracteres (A, T, G, C) se puede almacenar una gran cantidad de información digital en el ADN. Microsoft (Nuevo México, EE. UU.) ya ha desarrollado diferentes proyectos basados en esta tecnología. En el caso de que la información contenida en el ADN se transforme en un fichero ejecutable durante el proceso de caracterización puede emplearse para contener programas. Por tanto, se puede liberar un virus informático en el terminal empleado para la caracterización del ADN, que posteriormente podrá extenderse por todo el sistema informático. Algunos sectores, como las empresas tecnológicas de base genética (*genoma foundries*) (A Dixon *et al.*, 2020), ya emplean medidas de control en los sistemas de caracterización de ADN para protegerlos de ciberataques (Dixon, 2019).

El bioterrorismo es un hecho de baja probabilidad pero con un elevado número de consecuencias. El empleo de biología sintética reduce aún más la probabilidad. No obstante, la preocupación en este aspecto es universal y sin fronteras. Un ataque bioterrorista con un agente sintético tendría consecuencias en todo el mundo independientemente del lugar donde ocurra (Dixon, 2019). Como todas las nuevas tecnologías de aplicación en biología, es una tecnología de doble uso, no obstante, su uso para generar un agente biológico con fines terroristas es contenido por el grado de conocimiento que se requiere para comprender completamente las técnicas empleadas y por la dificultad de llevarlas a cabo en una infraestructura inadecuada. Existen diferentes presuposiciones en relación con la bioseguridad que acompañan a la biología sintética y que se deben analizar para determinar exactamente el potencial de esta tecnología:

- Generalmente se piensa que la biología sintética hace más fácil que los bioterroristas puedan aplicar los avances de la ciencia ya que existe una mayor cantidad de conocimiento disponible para toda la comunidad científica (Trump *et al.*, 2020). No obs-

tante, a pesar de que el conocimiento se encuentra depositado en bases de datos abiertas los investigadores aún se enfrentan a diferentes retos cuando abordan un experimento de este tipo. Transformar toda la información disponible en un ente tangible es harto complicado, aún se requiere de experiencia y cualificación para lograr estos objetivos (Jefferson *et al.*, 2014). A pesar de ello, en algunos casos, se opta por ocultar la información genética que acompaña a un determinado descubrimiento a pesar de que este se haga público, como ocurrió en el año 2013 cuando se describió una nueva toxina botulínica pero no se publicó su secuencia al no existir tratamiento (Dover *et al.*, 2014).

- El abaratamiento y fácil acceso a plataformas de síntesis química de ADN no hacen más accesible a los bioterroristas el uso de la biología sintética. Debemos diferenciar tres tipos de síntesis de ADN: síntesis de oligonucleótidos (tamaño inferior a 100 nucleótidos), síntesis de genes (tamaño entre 200 y 3.000 nucleótidos) y ensamblaje de síntesis *de novo* de grandes fragmentos para dar lugar a circuitos génicos y genomas completos. La generación de genomas presenta varios puntos problemáticos a los que hacer frente: las empresas especializadas en síntesis de ADN no pueden sintetizar *de novo* cualquier molécula de ADN, el ensamblaje de secuencias de entre 5 y 10 kb es dificultoso y la creación de un genoma completo sintético no es lo mismo que un genoma funcional (Jefferson *et al.*, 2014). No obstante, las propias empresas de síntesis poseen mecanismos internos de control, como el análisis de todas las secuencias solicitadas frente a las bases de datos en busca de rastros sospechosos. Por ejemplo, desde 2010, en EE. UU, se exige a las empresas de síntesis de ADN conocer los usuarios y analizar las secuencias encargadas por estos en busca de secuencias pertenecientes a patógenos concretos (Robiński y Simon, 2009; West y Gronvall, 2020).
- A pesar de la concepción de que la biología sintética puede ser usada para diseñar o incrementar la virulencia de microorganismos patógenos, el número de frentes es elevado. Es cierto que existen estudios sobre virus de la viruela de ratones y el virus H5N1, en los que se obtuvieron partículas virales con una mayor virulencia respecto a las originales, pero en esos casos, se aprovecharon mutaciones naturales en el genoma vírico para estudiar el aumento de transmisibilidad y patogenicidad. En muchas ocasiones los experimentos dirigidos en los que se

busca aumentar un determinado efecto de la especie de interés fracasan debido a los efectos pleiotrópicos (un gen afecta a más de una característica o función del organismo) y la falta de estabilidad de los organismos modificados (Jefferson *et al.*, 2014).

- Frecuentemente se considera que los bioterroristas pretenden obtener agentes biológicos con un número elevado de consecuencias en el caso de ataques en masa de la misma forma que generalmente el bioterrorismo se ha considerado como un peligro inminente y se ha hecho un gran énfasis en el elevado número de consecuencias que podría causar un ataque masivo casual. Este temor se apoya en que un grupo terrorista podría emplear con mayor facilidad un arma de destrucción masiva basada en un agente biológico que en tecnología nuclear. No obstante, los expertos consideran que un ataque masivo a gran escala es bastante menos probable que un pequeño ataque localizado y por un actor no estatal, de manera que ha ocurrido históricamente (uso de *Salmonella* en Oregón, EE. UU.; uso de toxina botulínica y ántrax en Japón; correo con ántrax en EE. UU.). La obtención de un arma biológica concreta no implica además una capacidad suficiente para la producción, mantenimiento y liberación de este agente (Douglas y Savulescu, 2010; Jefferson *et al.*, 2014).

De acuerdo con la Secretaría Estadounidense de Defensa NBQ, las mismas herramientas que nos preocupan de la biología sintética son las herramientas más útiles para desarrollar respuestas. Por ejemplo, en ocasiones las vacunas no son el método más eficaz para la prevención de enfermedades y debemos recurrir al desarrollo de tratamientos. Estas alternativas son diseñadas frente a un virus concreto e interrumpen su ciclo celular a nivel molecular mediante el uso de anticuerpos, proteínas específicas y oligonucleótidos. En este aspecto se han desarrollado toxinas químicas de naturaleza proteica para la protección frente al HIV-1 cuya diana es la envoltura del virus y que destruyen de manera específica las células infectadas por este; anticuerpos sintéticos para la protección frente a virus respiratorios sincitiales; u oligonucleótidos antisentido, pequeños oligonucleótidos sintéticos que inhiben la producción de proteínas víricas por bloqueo de la traducción del ARNm viral, que se han empleado frente a infecciones causadas por el virus de la gripe, hepatitis B y C y HIV. Destacar que además de tratamientos se han desarrollado partículas víricas para estudiar la patogenicidad y los mecanismos

de transmisión de diferentes filovirus como el ébola y marburgo empleando un lloviu virus no patógeno como receptor, además de partículas víricas quiméricas para incluir en vacunas, como en el caso del virus del Zika, Chikunguya o del oeste del Nilo (Sharma *et al.*, 2020).

Un punto fundamental para hacer frente a los riesgos planteados por la biología sintética es la creación de un grupo de expertos nacionales con capacidad suficiente de respuesta frente a los nuevos riesgos que puede generar la biología sintética (Dixon, 2019). La mayor parte de las normas y reglamentos internacionales en relación con agentes biológicos data del siglo XX, cuando aún no se habían desarrollado muchos de los protocolos biotecnológicos actuales. Este hecho invita a una actualización urgente de la regulación internacional en materia de biotecnología y control de agentes biológicos. Algunos puntos de control en el desarrollo de políticas que establezcan el nivel de biopeligrosidad de determinados agentes son los planteados por las academias nacionales de ciencias, ingeniería y medicina de EE. UU., que desarrollaron un marco conceptual para la evaluación de la amenaza, en el que identifican cuellos de botella o barreras que si son solventadas o eliminadas pueden generar un problema, además de poderse emplear como perspectivas de futuro en materia de bioseguridad. Para valorar el potencial que posee una determinada tecnología para acabar engendrando un riesgo en la bioseguridad, plantearon varios puntos de control a evaluar: facilidad de uso, tasa de desarrollo de esa tecnología, barreras para aplicar esta tecnología, sinergias que se pueden establecer entre esta y otras tecnologías, así como el coste final del uso de esta. Una vez evaluado el potencial de esta tecnología, para conocer el potencial que tiene esta tecnología para generar un arma biológica, plantean los siguiente puntos: alcance del posible empleo del agente biológico, predictibilidad del resultado de un ataque y protocolo necesario para testar la eficacia del agente (Gronvall, 2019). Estas academias recomiendan el seguimiento de proyectos específicos que contemplen aspectos como inactivar una determinada vacuna, conferir resistencia a antimicrobianos, incrementar la virulencia/transmisibilidad/rango de hospedadores de patógenos o transformar agentes no patógenos en patógenos, la evasión de los mecanismos de diagnóstico y detección de patógenos, estudios sobre la forma de diseminación y transformación en armamento de patógenos o toxinas además de los experimentos de ganancia de función (Lentzos, 2020).

6. Bioseguridad y ciencia colaborativa

El empleo de los diferentes avances tecnológicos para la obtención de microorganismos con una capacidad de virulencia incrementada, organismos con modificaciones para actuar como impulsores génicos u otro tipo de modificaciones génicas que puedan transmitirse, no solo verticalmente a la descendencia, si no horizontalmente a otros individuos, hacen patentes varios problemas de seguridad biológica. Estos problemas no surgen solo cuando se emplean organismos modificados genéticamente, si no también cuando se trabaja con agentes silvestres patógenos. Para el manejo de estos microorganismos generalmente se precisa de infraestructuras específicas, como laboratorios de alto nivel de contención (BSL-4). El número de laboratorios de este tipo se ha incrementado desde finales del siglo XX en países como China, India o Malasia, lo que hace plantearse ciertas cuestiones sobre los objetivos de esos países en materia de bioseguridad. Este incremento se ha visto acelerado por los diferentes picos epidémicos de enfermedades emergentes, pero también, por el empleo de ciertas herramientas de la biología sintética (Carter y Warner, 2018). El número de estas instalaciones puede emplearse como indicador del potencial defensivo de un determinado país para mantener/generar agentes biológicos que pudieran usarse con fines ofensivos/defensivos (Moodie *et al.*, 2008).

Cuando se desarrollan normativas por parte de las autoridades respecto a la contención biológica, estas deben contar con el asesoramiento de los científicos, ya que son estos los más familiarizados con los problemas y riesgos que conlleva el trabajo con ciertos grupos de microorganismos y la adecuación de las medidas de contención biológica, dando así lugar a un *autogobierno* científico (Zettler, Guerrini y Sherkow, 2019; West y Gronvall, 2020).

El control de las entidades públicas y privadas interesadas en el desarrollo de agentes con un posible potencial negativo es relativamente sencillo, basta con tomar las medidas de contención oportunas para evitar escapes que puedan generar una alarma. No obstante, algunas organizaciones y grupos de individuos quedan fuera de control al no encontrarse al amparo de ningún tipo de institución. El mayor riesgo en este aspecto lo generan las plataformas de ciencia abierta o colaborativa, denominadas originalmente *do it yourself* (DiY). Este tipo de iniciativas DiY se basan en diferentes grupos independientes de investigación formados

por científicos, entusiastas y voluntarios con un claro objetivo de aprender y experimentar para contribuir al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación (Sarpong *et al.*, 2020). En los últimos años, este tipo de plataformas han incrementado de manera exponencial su número debido a la facilidad para acceder a material de laboratorio económico a través de plataformas especializadas, los avances de la tecnología y la aparición de comunidades *on line* de apoyo (Sarpong *et al.*, 2020).

La falta de regulación y supervisión genera diferentes riesgos no solo para las propias personas involucradas, sino también para la salud humana general y el medioambiente. Estos riesgos pueden no ser inmediatos y pueden darse en el futuro ya que no existe un control ni de las personas involucradas ni de los proyectos desarrollados, además comparten gran cantidad de información, material (de laboratorio y biológico) y técnicas entre los diferentes grupos de trabajo (Sarpong *et al.*, 2020). Debemos considerar que el conocimiento es, en sí mismo, valioso. No debemos considerar solo el conocimiento adquirido durante un proceso de formación reglada, sino también el conocimiento adquirido a través del ensayo, de la prueba y error o del trabajo diario, el conocido *know-how* o conocimiento tácito (Douglas y Savulescu, 2010). Es este conocimiento el que genera el mayor riesgo por parte de estas comunidades. El incremento en número y variedad de grupos que pueden entrar en juego, unido al aumento de la capacidad y movilidad de estos son los principales factores que incrementan el riesgo ya que permiten el acceso al conocimiento tácito y la difusión descontrolada del mismo. La naturaleza global de la ciencia continúa dirigiendo la difusión del conocimiento a lo largo del mundo, incrementando los nudos de interconexión, tejiendo una red mucho más redundante.

Existen diferentes comunidades de ciencia ciudadana supervisadas por diferentes entidades académicas. Una de las iniciativas más conocidas es la de los *BioBricks*, surgida al amparo de la Universidad de Stanford y líder del proyecto *Free Genes*, con el que pretender hacer la información génica más accesible al público general a través de la síntesis de genes a cualquiera que lo desee, pero siempre quedándose ellos con una copia. Existen otros movimientos como *iGEM* (*International Genetically Engineered Machine*), amparado por el MIT, que actúan, no como núcleos de trabajo en sí mismo, si no como núcleos de competición, en los que grupos amateur procedentes de todo el mundo, controlados mediante registro previo en la plataforma y

siguiendo una estricta normativa de trabajo y seguridad, compiten por conseguir la mejor aplicación biotecnológica. Otro tipo de plataformas, como *Genspace*, ofrecen la infraestructura básica de un laboratorio para un determinado proyecto, así como asesoría y formación (como los cursos *Biohacker Boot Camp* o *Biotech Crash Course* de Genspace). En la práctica, este tipo de plataformas también han dado lugar a *start-ups* o pequeños núcleos de emprendimiento empresarial, como *Open-trons* o *Foldit*. Open-trons se encarga del desarrollo de diferentes proyectos como: *BK Bioreactor* para describir y estudiar la microbiota presente en el canal Gowanus de Nueva York o el proyecto *Stranger Visions*, en el que, a partir del ADN presente en chicles o cigarrillos encontrados en la calle, se reconstruye el aspecto facial de esa persona. Foldit por el contrario es una plataforma libre, creada como consorcio entre Mars, Thermo Fisher Scientific y diferentes entidades académicas, con el objetivo de que cualquiera pueda participar en la determinación de la forma óptima de plegamiento de diferentes proteínas, dando lugar a diferentes conformaciones estructurales para la misma enzima (Gruber, 2019).

No obstante, existen ciertas organizaciones o personas que trabajan al margen de estas plataformas que reciben el apoyo institucional. Estas plataformas han dado lugar a casos llamativos, como el de un aficionado que se aplicó a él mismo su propio tratamiento para la intolerancia a la lactosa mientras lo retransmitía en directo. En otras ocasiones, algunos de estos *biohackers*, han pretendido desarrollar tratamientos, sin éxito, para el herpes, el HIV o para incrementar su masa muscular (Gruber, 2019). Estos casos podrían generar diferentes problemas si las comunidades en las que se desarrollan promocionan este tipo de tratamientos o existen personas que pretenden emular estos trabajos.

A pesar de que debemos considerar las comunidades DiY más que como un riesgo, como una oportunidad para el avance científico y el aprovechamiento del potencial de todas las personas involucradas en ellas, se debe incrementar la vigilancia para evitar que el conocimiento compartido en estas plataformas pueda caer en malas manos, vigilar los proyectos de síntesis de ADN, así como la adquisición de aparatos y kits para la edición génica mediante las nuevas tecnologías disponibles (Gronvall, 2019; Gruber, 2019; Sarpong *et al.*, 2020; West y Gronvall, 2020). En este aspecto, los servicios de inteligencia de los países deben encontrar oportunidades para el aprendizaje continuo, incrementando y favoreciendo la colaboración, innovación e implantación

de nuevas herramientas analíticas. En Reino Unido, el jefe del MI6 se refirió al daño que puede causar el *pensamiento de grupo* y la necesidad de estimular el punto de vista contrario mediante el alineamiento del conocimiento y evidencia científica de la academia con el desarrollo de políticas, normativas y toma de decisiones adaptadas a la sociedad actual (Lentzos, 2020).

7. Bibliografía

- Ainscough, M. J. (2002). Next generation bioweapons: The technology of genetic engineering applied to biowarfare and bioterrorism. AIR UNIV MAXWELL AFB AL.
- Carter, S. R. y Warner, C.M. (2018). Trends in synthetic biology applications, tools, industry, and oversight and their security implications. *Health Secur.* 16, pp. 320–333. <https://doi.org/10.1089/hs.2018.0067>
- Creager, A. N. H. (2020). Recipes for recombining DNA: A history of Molecular Cloning: A Laboratory Manual. *BJHS Themes.* 5, pp. 225–243. <https://doi.org/10.1017/bjt.2020.5>
- Dixon, T. (2019). Mapping the potential impact of synthetic biology on Australian foreign policy. *Australian Journal of International Affairs.* 73, pp. 270–288. <https://doi.org/10.1080/10357718.2019.1584154>
- Dixon, T.; Curach, N. y Pretorius, I. (2020). Bio-informational futures. *EMBO Rep* 21. <https://doi.org/10.15252/embr.202050036>
- Douglas, T. y Savulescu, J. (2010). Synthetic biology and the ethics of knowledge. *J Med Ethics.* 36, pp. 687–693. <https://doi.org/10.1136/jme.2010.038232>
- Dover, N., et al. (2014). Molecular characterization of a novel botulinum neurotoxin type H gene. *The Journal of infectious diseases.* 209(2), 192–202.
- Gauthier, J., et al. (2019). A brief history of bioinformatics. *Brief Bioinform.* 20, pp. 1981–1996. <https://doi.org/10.1093/bib/bby063>
- Gronvall, G. K. (2019). Synthetic Biology: Biosecurity and Biosafety Implications. Defense Against Biological Attacks. Pp. 225–232. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03053-7_11
- Gruber, K. (2019). Biohackers. *EMBO Rep* 20. <https://doi.org/10.15252/embr.201948397>

- Jefferson, C.; Lentzos, F. y Marris, C. (2014). Synthetic biology and biosecurity: Challenging the «myths». *Front Public Health*. 2, p. 115. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00115/xml/nlm>
- Kumar, A.; Flora, S. J. S. (2020). Genome information of BW agents and their application in biodefence. *Handbook on Biological Warfare Preparedness*. Pp. 257–271. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812026-2.00013-x>
- Leitenberg, M.; Zilinskas, R. A. y Kuhn, J. H. (2012). The Soviet biological weapons program. En: *The Soviet Biological Weapons Program*. Harvard University Press.
- Lentzos, F. (2020). How to protect the world from ultra-targeted biological weapons. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 76, pp. 302–308. <https://doi.org/10.1080/00963402.2020.1846412>
- Lentzos, F.; Goodman, M. y National, J. W.-I. (2020). Health security intelligence: engaging across disciplines and sectors. *Taylor & Francis*. 35, pp. 465–476. <https://doi.org/10.1080/02684527.2020.1750166>
- Minogue, T. D. et al. (2019). Next-Generation Sequencing for Biodefense: Biothreat Detection, Forensics, and the Clinic. *Clin Chem*. 65, pp. 383–392. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2016.266536>
- Moodie, M., et al. (2008). *Good Bugs, Bad Bugs: A Modern Approach for Detecting Offensive Biological Weapons Research*.
- Ouagrham-Gormley, S. B. y Fye-Marnien, S. R. (2019). Is CRISPR a Security Threat? *Defense Against Biological Attacks*. Pp. 233–251. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03053-7_12
- Robiński, J. y Simon, J. (2009). Synthetic biology and biosecurity. From low levels of awareness to a comprehensive strategy. *EMBO Rep* 10, S23. <https://doi.org/10.1038/embor.2009.119>
- Sarpong, D., et al. (2020). Do-it-yourself (DiY) science: The proliferation, relevance and concerns. *Technol Forecast Soc Change*. 158, p. 120127. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120127>
- Sharma, A., et al. (2020). Next generation agents (synthetic agents): Emerging threats and challenges in detection, protection, and decontamination. *Handbook on Biological Warfare Preparedness*. Pp. 217–256. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812026-2.00012-8>

- Tröder, S. E. y Zevnik, B. (2022). History of genome editing: From meganucleases to CRISPR. *Lab Anim.* 56, pp. 60–68. <https://doi.org/10.1177/0023677221994613>
- Trump, B. D., et al. (2020). Building biosecurity for synthetic biology. *Mol Syst Biol.* 16. <https://doi.org/10.15252/msb.20209723>
- Valdivia-Granda, W. A. (2010). Bioinformatics for biodefense: Challenges and opportunities. *Biosecurity and Bioterrorism.* 8, pp. 69–77. <https://doi.org/10.1089/bsp.2009.0024>
- Vogel, K. M. y Ouaghran-Gormley, S. B. (2018). Anticipating emerging biotechnology threats: A case study of CRISPR. *Politics and the Life Sciences.* 37, pp. 203–219. <https://doi.org/10.1017/pls.2018.21>
- Vuong, P., et al. (2022). Small investments with big returns: environmental genomic bioprospecting of microbial life. *Crit Rev Microbiol.* <https://doi.org/10.1080/1040841x.2021.2011833>
- West, R. y Gronvall, G. K. (2020). California shows the way for biosecurity in commercial gene synthesis. *Nature Biotechnology.* 2020 38:9 38, pp. 1021–1021. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0667-0>
- West, R. y Gronvall, G. K. (2020). CRISPR Cautions: Biosecurity Implications of Gene Editing. *Perspect Biol Med.* 63, pp. 73–92. <https://doi.org/10.1353/pbm.2020.0006>
- Zettler, P. J.; Guerrini, C. J. y Sherkow, J. S. (2019). Regulating genetic biohacking. *Science* (1979) 364, pp. 34–36. <https://doi.org/10.1126/science.aax3248>

Capítulo octavo

Bioética y deontología

Pedro Luis Lorenzo González

Resumen

Los avances científicos han condicionado la aparición de nuevas situaciones que pueden influir en la gestión de posibles amenazas biológicas, por ello es preciso concretar aquello que se puede o que no se puede hacer en el ámbito científico. Para ello, este capítulo desarrolla los conceptos éticos y deontológicos en el contexto de la investigación biomédica analizando, también, algunas peculiaridades de su uso dual. Así mismo, se describen algunas consideraciones sobre la formación en bioética global y la necesidad que tienen las profesiones directamente implicadas con la gestión y control de posibles amenazas biológicas para que incluyan conceptos de estas disciplinas durante su formación académica. Relacionado con esto último, se explica la necesidad de observar una conducta científica adecuada y regulada por códigos de conducta éticos. Finalmente, se señala la importancia que tiene la existencia de los diversos comités de ética que permiten resolver los dilemas éticos planteados ante las amenazas que surjan como resultado del desarrollo de actividades científicas.

Palabras clave

Bioética, deontología, uso dual de la investigación, formación en ética, integridad científica, comités éticos.

Bioethics and deontology

Abstract

Scientific advances have conditioned the appearance of new situations that can influence the management of possible biological threats. It is necessary, therefore, to define what can or cannot be done in the scientific field. This chapter develops the ethical and deontological concepts in the context of biomedical research, also analysing some peculiarities of their dual use. In addition, some considerations on training in global bioethics, and the need for careers directly involved in the management, and control of possible biological threats to include concepts from these disciplines during their academic training are described. Related to is the need to observe a proper scientific conduct regulated by codes of ethical conduct is explained. Finally, the existence of the various ethics committees, and its importance allow resolving the ethical dilemmas raised in the face of threats that arise as a result of the development of scientific activities is pointed out.

Keywords

Bioethics, deontology, DURC, ethics training, scientific integrity, ethical committee.

1. Introducción

Desde el inicio de las actividades humanas, el progreso de la ciencia ha estado condicionado a varias situaciones que aparecen sobre todo en el desarrollo de las actividades biológicas y médicas. Así, día a día están surgiendo nuevas situaciones distintas de la práctica «clásica» y que son ejemplos claros de las nuevas realidades que, aunque pudieran intuirse tiempo atrás, apenas se veían como posibles; por ejemplo, la manipulación genética y su uso para la formulación de nuevos compuestos biológicos y todo lo relacionado con los aspectos de bioterrorismo y la biodefensa, objeto de estudio y de análisis pormenorizado en otros capítulos de esta monografía.

En este sentido, más allá de reflexiones puramente filosóficas y conceptuales, desde hace mucho tiempo se han desarrollado textos que trataban de explicar cómo se debían orientar los dilemas que podían producirse a la hora de la aplicación y uso de todos estos conocimientos y tecnologías. Por ello, y teniendo en cuenta fundamentos de moral y de filosofía, cada sociedad puede tener su propio concepto sobre lo que es «bueno» y lo que es «malo», que traduce en códigos legislativos que regulan justamente aquello que «se puede» y que «no se puede» hacer, especialmente en lo relacionado con la investigación en biomedicina y sus aplicaciones. La ética sería una de las herramientas que podemos utilizar para dilucidar qué es lo correcto hacer ante un planteamiento de un proceso experimental, teniendo en cuenta siempre los beneficios, las ganancias de función y los riesgos al desarrollar dicho proceso.

Por ello, existen una serie de disciplinas, cuyo desarrollo aun procediendo de tiempos remotos, es sin embargo plenamente actual, como son la ética, moral ética, bioética, deontología, etc., que se ocupan de todas estas deliberaciones ya que, a veces, las actividades que pudieran surgir del desarrollo de estas disciplinas pueden estar mediadas por las creencias de quienes las practican y, sobre todo, sus posibles servidumbres políticas, científicas o económicas.

El contenido de este capítulo pretende desarrollar los conceptos éticos en el contexto de la investigación biomédica y el análisis de las peculiaridades de su posible uso dual; también analiza la necesidad de que los estudiantes y los profesionales en ciencias biomédicas se formen en bioética. Finalmente, se hace hincapié

en el desarrollo de los conceptos de integridad científica y se describe la importancia de los diversos comités de ética para enfrentarse y resolver los dilemas éticos planteados, en su caso, ante posibles amenazas biológicas como resultado de la actividad científica o biomédica.

2. Conceptos

Aún de todos conocidos, no podemos dejar de señalar brevemente cuestiones que definen los términos que son objeto del presente capítulo. Existen numerosas definiciones sobre el concepto de ética, como rama de la filosofía con más o menos adaptaciones de acuerdo con profesionalidad o aplicabilidad en diversos campos. Una de las definiciones que podríamos utilizar es la de Pierre Blackburn (2006), que dice en su libro *La Ética: fundamentos y problemáticas contemporáneas*, lo siguiente:

«La ética es una de las ramas de la filosofía. Se centra en la moral y elabora análisis y teorías sobre la naturaleza, la función y el valor de los juicios morales. [...] La ética aplicada estudia los problemas morales a los que nos enfrentamos todos los días, ya sea individual o colectivamente, e intenta resolverlos o, por lo menos, hacer progresar su análisis. La ética profesional, a menudo llamada deontología, es una rama de la ética aplicada que, por su parte, se centra en los problemas morales particulares que se plantean a los profesionales [...]. Si situamos la ética en el conjunto de las manifestaciones del pensamiento crítico propio del ser humano, también se la puede concebir como el examen de la justificación racional de nuestros juicios morales. La ética tiende a permitirnos hacer evaluaciones morales mejor pensadas, más críticas y más racionales del comportamiento ajeno, de la organización de la sociedad o de nuestras propias decisiones».

En cualquier caso y estudiando cualquier definición, que parten del origen etimológico y que explican el ámbito de estudio, su importancia, su ubicación dentro de las ciencias biológicas o su finalidad, pueden encontrarse definiciones que señalen la utilidad de la ética, como la de Cortina (2000):

«... la tarea de la ética consiste en esclarecer el fundamento por el que los juicios morales se presentan con pretensiones de necesidad y universalidad, su objeto estriba en la

forma de la moralidad. No es su objetivo introducir nuevos contenidos morales, sino proporcionar aquel procedimiento lógico que permita discernir cuándo un contenido conviene a la forma moral. Discernir la forma en virtud de la cual un contenido deviene moral, es problema de la ética. Justificar racionalmente las pretensiones formales de la moralidad, mediante juicios que solo la realidad moral descubre, es la tarea que confiere a la ética un lugar entre los saberes como saber autónomo. En suma, el objetivo de la ética estriba en hallar, si la hay, una razón suficiente de la forma moral. Si tal razón debe ser expresada mediante un juicio con contenido, el contenido será ético y canónico, no moral y prescriptivo».

Para finalizar, basta señalar que le ética tiene un carácter científico de origen filosófico, que analiza los problemas morales a los que se enfrenta el hombre a lo largo de su vida y que se basa en el método científico para resolver situaciones. De hecho, tal y como señala Villarreal (2013), dentro de la ética se podrían encuadrar la ética aplicada, que estudia los problemas morales que surgen en las actividades desarrolladas por las personas durante su vida; y, también, existe una ética profesional, responsable de los dilemas morales específicos a los que se enfrenta un conjunto de personas que ejercen o desarrollan, la misma profesión o coinciden en una determinada actividad. A estas definiciones hay que añadir otras relaciones, como por ejemplo la existente de la ética con la integridad científica, especialmente en ámbitos como la investigación en biología, veterinaria o biomedicina, que será objeto de un análisis detallado más adelante.

Por su parte, las normas éticas que deben respetarse en el ejercicio de una profesión son el objeto de la deontología, y que recibe el adjetivo de la profesión o actividad desarrollada. Por ejemplo, si esta profesión trata del arte de curar, personas o animales, se denomina deontología médica, veterinaria, etc. En este caso, los comportamientos que violan esta regulación profesional, tanto si se encuentran incluidos en las leyes, reglamentos o códigos como si no lo están, son sancionables por la disciplina profesional. Desde el Código de Hammurabi, promulgado en Babilonia en el siglo XVIII a.C. que es considerado el texto más antiguo de deontología médica conocido hasta la actualidad, han existido numerosos textos con contenidos más o menos éticos o reguladores de la vida social y moral, y que a lo largo del tiempo demuestran la relación entre las enseñanzas biológicas con la sociología, filosofía y ética (Gisbert y Verdun, 2000). A partir de

la Segunda Guerra Mundial proliferan los textos deontológicos, con el objetivo de influir y, sobre todo, regular, las normas éticas y de procedimiento de la profesión médica, algo extensible al conjunto de las ciencias biomédicas. En general, la mayoría de los códigos deontológicos tienen grandes parecidos, basándose en varias partes comunes:

- Deberes generales de la profesión médica o biosanitaria.
- Deberes hacia los enfermos (pacientes, objetos de estudios).
- Deberes entre los profesionales entre sí.
- Deberes con y para la colectividad.

3. Bioética y bioética global

Obviamente, una vez enmarcado el concepto ético surge el término de bioética como el estudio sistemático de la conducta humana en el área de las ciencias de la vida y del cuidado de la salud (Serrano, 1992). Algunos autores añaden que esta conducta estará supeditada a los valores y principios morales o, incluso, que la bioética es el conjunto de principios y reglas morales que regula el comportamiento y las relaciones del ser humano con los animales y el medio ambiente que les rodea (Capó Martí, 2016). El término fue utilizado ya por Potter en 1971 en su libro *Biotechics: bridge to the future*. Actualmente, el término contempla no solo los elementos tradicionales de la ética médica, sino un enfoque más global, dentro de la estrategia de desarrollo *One Health*, incluyendo la ética medioambiental, perspectivas evolutivas, derechos de futuras generaciones, desarrollo sostenible, etc.

El debate inicial al proponer el enfoque bioético era animar a profundizar en el enfoque multidisciplinar de las ciencias, entre la medicina, la filosofía y la ética, renovando la ética médica tradicional. Aunque el nombre de bioética se acuña en el Hastings Center (1969) y en el Instituto Kennedy (1972), para muchos colegas el nacimiento de la disciplina como tal comienza cuando en 1962, en Seattle (USA), se decide crear un comité de «no-médicos» para decidir qué pacientes deberían tener preferencia para usar la novedosa máquina de hemodiálisis. La pregunta era si un avance médico, de tal magnitud, debería crear una discriminación en la población destinada a su uso. O quién elegiría a los candidatos. O cómo. La novedad de toda esta acción era que la

respuesta no procedía de los médicos, sino de representantes de la sociedad.

En este sentido, de acuerdo con lo que señala Lluís Montoliú (2021) sobre la aplicación en las investigaciones en ciencias de la salud, es importante tener en cuenta el factor ético porque:

- Ningún proyecto científico puede comenzar a desarrollarse sin una previa aprobación ética.
- Es necesario para el cumplimiento de la normativa y el respeto a seres humanos, animales, plantas y medio ambiente.
- Para incrementar los posibles beneficios y disminuir los riesgos asociados al proyecto científico planteado.

De todos estos factores se encargan los correspondientes comités éticos (de los que hablaremos en un apartado posterior) y que son los encargados de hacer cumplir las normativas específicas sobre los procesos del uso de las investigaciones.

Por otro lado, en 1979, el informe Belmont¹ señala que hay que tener en cuenta una serie de principios básicos en la bioética:

1. Principio de beneficencia. Es el que señala que las actuaciones biocientíficas están destinadas a hacer el bien, sin imponer ideas preconcebidas o subjetivas de lo que está bien. Es un término relacionado con la eficacia (buscar el máximo rendimiento con el mínimo coste) y la autorización de los participantes en el procedimiento mediante, por ejemplo, el uso de consentimientos informados en el proceso.
2. Principio de la no-maleficencia. Indica que no se debe hacer daño o, según el Informe, «no debemos hacer el mal». Evidentemente, hay que buscar el equilibrio (seguridad o eficacia) entre los posibles riesgos inherentes al procedimiento y los beneficios que se obtendrán del mismo.

¹ El Informe Belmont procura resumir los principios éticos básicos identificados por la Comisión en el curso de sus deliberaciones. Es la consecuencia de un período de cuatro días de intensas discusiones que fueron llevadas a cabo en febrero de 1976 en el Centro de Conferencias Belmont, que vino a suplir las deliberaciones mensuales de la Comisión que fueron llevadas a cabo durante casi cuatro años. El apéndice de dos volúmenes, contiene largos informes de expertos y especialistas que asistieron a la Comisión. <https://www.hhs.gov/ohrp/regulations-and-policy/belmont-report/read-the-belmont-report/index.html>

3. Principio de respeto por la autonomía, basado en el respeto a la decisión que tomen los seres humanos para tomar decisiones que afecten a cualquier tema biomédico que les afecte.
4. Principio de justicia, que señala que los beneficios potenciales que emanan de los procesos y procedimientos biomédicos deben incluir a todo el mundo, sin restricciones en su acceso. Éticamente, este es el principio más discutible en su cumplimiento, tal y como señala Montoliu (2020) ya que son más que evidentes las diferencias entre los distintos países del mundo al acceso de tecnología o productos sanitarios.
5. El desarrollo del concepto de bioética ha evolucionado a lo largo de los años con numerosos ejemplos; aunque tras el Código de Nuremberg (1969) se había tratado el asunto de la experimentación con humanos, en la década de los 60 se tomó conciencia de que la investigación médica sobre sujetos humanos planteaba una gran cantidad de dilemas que había que discutir. Algunos ejemplos de ello están recogidos en el libro Principios de Bioética Global (Capó Martí, 2016):
 - El caso Tuskegee, 1972, en el que unos individuos de raza negra habían dejado de ser tratados contra la sífilis para valorar la evolución natural de la enfermedad (un estudio que fue secreto hasta ese momento). Gracias a ello, el Congreso de EE. UU. estableció la Comisión Nacional de Protección de los sujetos humanos en el campo de las ciencias biomédicas.
 - En 1967, se plantean los primeros dilemas éticos a la hora de definir con certeza la muerte clínica a partir de trasplantedos de corazón. Por ello, en 1968 la Universidad de Harvard publica nuevos criterios, basados en la muerte cerebral.
 - Por otro lado, también concurren casos de pacientes en coma irreversible, animando el debate sobre muerte digna y eutanasia. De ellos, el más famoso es el caso de Karen A. Quinlan, en 1975, cuyos padres solicitan la retirada de las máquinas que la mantenían con vida tras un coma irreversible. Tras un complicado proceso, se autoriza la desconexión en base a criterios éticos.

Resultado de estos y otros muchos ejemplos fue el establecimiento de protocolos para que el estamento médico informe al paciente,

para que este pueda desarrollar sus derechos de autonomía y consentir, o no, los tratamientos. En este sentido, se desarrolla una legislación que defiende el derecho de los pacientes (en base, por ejemplo, a los protocolos de consentimiento informado) y, sobre todo, con una mirada, a veces suspicaz, puesta en el auge de una novedosa tecnología económicamente muy poderosa que pudiera influir sobre las decisiones, estrictamente médicas o humanísticas, a tomar en cada momento.

Por otro lado, además de estos aspectos mencionados existen evidencias y ejemplos ocurridos también en el pasado que señala la inevitable evidencia de conductas absolutamente reprobables, que en su momento demostraron la falta de escrúpulos o de límites establecidos, y que evidencian también la necesidad imperiosa de dar respuestas éticas a posibles amenazas que puedan aparecer en nuestro entorno, incluyendo las biológicas. Por ejemplo, podemos referirnos al desarrollo del programa biológico japonés, La Unidad 731, de la que era responsable el coronel, posteriormente teniente general, Ishii Shiro, que actuó fundamentalmente en la ciudad china de Harbin (Manchuria) durante los años 1931-1945 (Working, 2001). Durante ese tiempo, médicos y veterinarios, entre otros investigadores, experimentaron con prisioneros humanos con todo tipo de agentes biológicos, sometiéndoles además, a todo tipo de pruebas y experimentos terribles (incluyendo infecciones con múltiples agentes biológicos como el carbunco, la peste y el muermo, pruebas de resistencia a calor y frío extremos, desmembramientos, etc).

Tras la rendición de Japón, la gran mayoría de los integrantes de la Unidad 731 regresaron a Japón, siendo capturados algunos de ellos por los soviéticos, los cuales les acusaron de crímenes de guerra (incluido el jefe médico del ejército de Kwantung), aplicándoseles penas de prisión que oscilaban entre los 2 y 25 años, aunque todos ellos fueron repatriados antes de 1956².

Los que consiguieron regresar a Japón no fueron juzgados como criminales de guerra, iniciando la colaboración con los Estados Unidos al objeto de informarles sobre las investigaciones

² Las actas del juicio de Jabarovsk se publicaron en 1950 con el título *Materials on the Trial of Former Servicemen of the Japanese Army Charged with Manufacturing and Employing Bacteriological Weapons* Moscú, Editorial de Lenguas Extranjeras. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiproK5qef6AhVJyRoKHVItCAYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Flearning.trree.org%2Ffile.php%2F1%2FMaterialsTrial-JapaneseArmy-1950.pdf&usg=AOvVaw3wwBaBxofW4pw7xTilH0Ej>

realizadas en tiempo de guerra, concediéndoseles *de facto* inmunidad judicial a cambio de que facilitaran los datos de sus investigaciones. En ninguno de los dos informes que se realizaron (Informe Sanders e Informe Thompson) se abordaron los temas relacionados con la experimentación en humanos ni el uso de armas biológicas siguiendo instrucciones del jefe de la inteligencia japonesa, y sí información sobre los desarrollos de bombas bacteriológicas.

Ante la constancia de que los soviéticos estaban juzgando por crímenes de guerra a los integrantes de la Unidad 731 y unidades relacionadas, los americanos retomaron la investigación, culminando esta con dos informes, el Informe Fell y el Informe Hill y Victor (Nie, 2004) que describen los experimentos en humanos realizados. A efectos del marco conceptual de este capítulo resulta interesante leer una de las conclusiones del Informe Hill y Victor:

«Las pruebas reunidas en esta investigación han complementado y ampliado en gran medida los aspectos anteriores en este campo. Representan datos que han sido obtenidos por científicos japoneses con el gasto de muchos millones de dólares y años de trabajo. Se ha acumulado información con respecto a la susceptibilidad humana a esas enfermedades, tal y como indican las dosis infecciosas específicas de las bacterias. Dicha información no pudo obtenerse en nuestros propios laboratorios debido a los escrúpulos relacionados con la experimentación en humanos».

Planteándose la paradoja de hasta dónde es lícito ofrecer inmunidad judicial a cambio de información. Sin duda, algo tuvo que ver algún tipo de «doble moral» por parte del personal estadounidense: el general Douglas MacArthur incorporó datos y personal de este programa al incipiente programa biológico norteamericano, manteniéndolo en secreto (aunque con enorme miedo por si entre las posibles víctimas humanas de los experimentos japoneses se encontraban prisioneros de guerra americanos. Evidentemente, el desarrollo y aplicación de códigos éticos y deontológicos evitaría (si no en su totalidad, probablemente sí en su gran mayoría) con este tipo de amenazas biológicas (y humanitarias).

Por otro lado, cabe aquí hacer mención también a un hecho relacionado con la organización religiosa Aum Shinrikyo (La Verdad Suprema), que realizó varios intentos, felizmente infructuo-

sos, de diseminación de agentes biológicos, fundamentalmente toxina botulínica y *B. anthracis*. Las noticias al respecto señalan que los ataques fueron fallidos (aunque no así el perpetrado previamente con gas sarín en marzo de 1995), al parecer por contener defectos estructurales en las toxinas o por su mezcla con lodo o barro (Pérez Juanes, 2021). Pero al parecer, a pesar del ingente presupuesto económico disponible, Seichi Endo, uno de los lugartenientes de dicha organización con cualificación como microbiólogo, tuvo dificultades para interpretar y utilizar correctamente el conocimiento científico exacto para obtener la toxina (Rosenau, 2001), planteándose la cuestión ética relativa a si Endo ignoraba el carácter apatógeno de la cepa Sterne utilizada en el incidente de Kameido, algo sorprendente para un microbiólogo de su valía. Quedando en el imaginario si Endo no quería asumir la responsabilidad de haber provocado víctimas entre la población, máxime cuando Shoko Asahara quería dar una lección al pueblo japonés para que volviera a sus raíces culturales (Takahashi *et al.*, 1993).

Obviamente, hay que señalar que, sobre la participación de los seres humanos en los procesos de investigación y estudios biomédicos, y más allá de los ejemplos señalados en los párrafos anteriores, se han establecido una serie de pautas claras e inequívocas que deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, si son voluntarios para estudios en ciencias sociales o biomédicas; si han dado, o no, su consentimiento informado a los protocolos a realizar; si son menores (con información obligada a sus tutores legales y con una argumentación muy bien razonada y argumentada sobre la necesidad de la investigación a realizar); si se trata de individuos sanos o pacientes que están recibiendo un tratamiento médico; si se van a realizar solo una recogida de muestras biológicas o, también, si se van a realizar y de qué tipo, manipulaciones o intervenciones invasivas.

En cualquier caso, la mejor garantía para un mejor uso de los procesos de investigación relacionado con la protección de los sujetos humanos es la puesta en marcha de los protocolos de consentimiento, en el que se señalan una serie de puntos que regulan la participación y el uso de muestras humanas (biológicas, genéticas, datos en general, etc.) en investigación biomédica.

Existen multitud de ejemplos en los que no se han realizado con propiedad estos protocolos de consentimiento informado, siendo

uno de los más famosos el uso llevado a cabo hasta la fecha de las células HeLa³. Estas proceden originariamente de un cáncer cervical de útero de una mujer estadounidense en los años 50 del siglo pasado, cuya utilización en ciencia ha dado lugar a numerosísimos estudios, publicaciones y patentes a lo largo de los años. La paradoja es que el uso de estas células se desarrolló con la salvedad de que nadie había pedido permiso a la paciente para utilizar sus células.

Por lo tanto, respecto a la protección de datos personales, existe una regulación expresa del uso de los mismos desde mayo de 2018, con la entrada en vigor del Reglamento General de Datos de la UE (RGPD) (2016); así, se señalan una serie de normas de obligado cumplimiento, basado en normas éticas; por ejemplo, que el consentimiento para el uso de los datos aportados por una investigación biomédica tiene que ser reversible en todo momento y su autorización debe obtenerse de manera clara.

Las normas deben proteger al ciudadano europeo (objeto de su desarrollo) y que estos tienen derecho a disponer de sus datos y que se puedan borrar y desaparezcan de los sistemas de información y redes; finalmente, también desarrolla la responsabilidad institucional en los sistemas de protección de datos y la privacidad de los mismos en los proyectos de investigación (www.eugdr.org).

4. Uso dual de la investigación

La investigación de preocupación de uso dual [DURC, Dual Use Research of Concern] es un término que hace referencia a toda investigación científica que es realizada con propósitos legítimos para generar conocimiento, información, tecnologías y/o productos, que pueden ser utilizados con fines benévolos o para causar daño. La mayoría de las investigaciones científicas tienen un potencial para generar información que puede ser mal utilizada.

Sin embargo, aquellas que pueden ser utilizadas de forma inmediata y que son una amenaza a la salud pública y la seguridad

³ El nombre HeLa procede de Henrietta Lacks, de Baltimore (USA). Hoy en día es raro el laboratorio que no dispone de alguna línea de estas células, cuyo uso se ha generalizado mundialmente. En 2013 se intentó publicar el genoma de estas células por unos investigadores alemanes, lo que desencadenó la protesta familiar por la falta de permiso para ello. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39181812>

para la agricultura, la ganadería, el ambiente, los animales, o la seguridad son de gran preocupación. El manejo de los riesgos por las DURC, debe ser compartido por investigadores, editores, editoriales, comités de bioseguridad, ciencia y bioética, instituciones de vigilancia, gobiernos locales, estatales y federales. Tradicionalmente, ese «uso dual» se refería a aplicaciones militares que podían tener un desarrollo civil. Internet es un ejemplo de tecnología militar, en origen, que tuvo aplicaciones civiles posteriormente.

Existen multitud de elementos que relacionan ética y aplicabilidad «correcta» de los avances científicos. El uso de muchos de los conocimientos científicos conseguidos plantean que la libertad de investigar en lo que se quiera no puede ir separada de la responsabilidad que conlleva el uso de lo que se descubre. En este sentido, los códigos éticos tienen que estar presentes cuando a los científicos se les presenta su colaboración en trabajos de uso potencialmente peligroso (dual) y deben decidir en conciencia. En sí misma, la investigación que conduce a la construcción de un arma biológica sofisticada o difiere, por ejemplo, de las técnicas utilizadas para suprimir una pandemia. En este tipo de casos las fronteras no son de la ciencia (donde no existen *per se*) sino que son de la conciencia. Sin embargo, la técnica no tiene sentido sin la bioética. Y lo que se debe o no se debe hacer, debe marcar el límite de lo que se puede hacer.

En EU se ha establecido una política institucional gubernamental para la vigilancia de la investigación de preocupación de uso dual, aunque la literatura y la prensa están llenos de ejemplos de usos duales. De hecho, en nuestro país, el propio Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la plataforma CDTI, interviene en programas duales, para «atender directamente las necesidades del sector de la seguridad en materia de I+D+i empresarial, con labores de promoción, gestión, representación, asesoramiento y evaluación estratégica» (<https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=893&MN=2>).

Por otro lado, respecto a las investigaciones relacionadas con los elementos «duales», cabe destacar las conclusiones de la Comisión Fink 13, uno de los primeros informes que trataba de manera específica la relación de la seguridad de un país (USA) y las ciencias biológicas, teniendo en cuenta la mala utilización potencial de actividades de investigación biológica avanzada que pudieran crear daños graves.

La comisión identificó varios tipos de experimentos preocupantes que requieren revisión y discusión ética, al amenazar al ser humano, animales o medio ambiente: la posibilidad de hacer que una vacuna sea ineficaz; la creación de resistencias antimicrobianas; el refuerzo de la virulencia de un patógeno, su transmisibilidad, sus especies diana e incrementar las dificultades para su detección. Finalmente, la comisión establecía varias recomendaciones:

- Educar a la sociedad científica en el uso dual de la biotecnología y sus responsabilidades para atenuar sus posibles riesgos.
- Revisar los planes experimentales, estableciendo revisiones para aquellos procedimientos que fueran preocupantes debido a su potencial mal uso.
- Revisar al momento de la publicación de resultados científicos y tecnológicos.
- Establecer controles éticos y científicos mediante la creación de comités y gabinetes que asesoren, orienten y supervisen este tipo de procesos.

Por lo tanto, hay que tener en cuenta los aspectos «duales», aquellas investigaciones cuyos resultados pueden ser utilizados como beneficio y como acto de dudosa ética (ejemplo: conseguir un logro que puede tener aplicaciones en medicina y militares); pero también aspectos de uso incorrecto de datos (*misuse*, en su acepción inglesa), como puede ser que con datos recabados para una determinada actuación médica puedan sustraerse también datos personales que inciden, claramente, en una merma o invasión de la privacidad de los individuos.

Podemos indicar varios ejemplos reales sobre los peligros que pueden suponer la relación existente entre la falta de unos códigos de conducta en ciertos elementos de la comunidad científica, la libre circulación de la información, la globalización gracias al desarrollo de herramientas como Internet y la falta de sistemas de verificación adecuados; la modificación genética de organismos patógenos de bajo riesgo puede incrementar su patogenicidad, su resistencia a vacunas o aumentar su transmisibilidad. Así, en 2005, el Centro para Control y Prevención de Enfermedades reconstruyó el virus de la gripe H1N1, responsable de la epidemia que azotó a España en 1918 causando la muerte a unos 50 millones de personas en el mundo, lo que ocasionó un fuerte debate por su potencial peligrosidad. Otro ejemplo es la polémica

publicación de trabajos sobre el virus H5N1 o los relativos a la síntesis del de la viruela equina (Kupferschnidt, 2017); también, surgieron tremendas dudas sobre la posibilidad de reconstruir el virus de la viruela, enfermedad declarada como erradicada por la OMS en 1980 y que ha causado más de 300 millones de muertes (Greenfieldboyce, 2017).

Todos ellos son ejemplos de trabajos y publicaciones, cuyo propósito puede ser exclusivamente generar conocimiento para mejorar un diagnóstico temprano, el tratamiento y la prevención de estas enfermedades, pero pueden ser polémicos por plantear numerosos interrogantes relativos a la bioseguridad.

Podría existir la posibilidad de que esta información pudiese ser utilizada por grupos terroristas que llevaran a cabo amenazas biológicas basadas en el fácil acceso a la información y a la —relativa— facilidad de uso de las técnicas utilizadas. Por lo tanto, todo lo indicado obliga a valorar si la ganancia de función de estos procedimientos pueden ser considerados de riesgo o no, dependiendo de su posible uso dual y obliga a poner en la balanza los beneficios derivados de su aplicación frente a los riesgos que conlleva un uso dual, que permitiría un uso indebido a corto plazo poniendo en peligro la salud pública o la seguridad nacional. Por ello, es necesario el establecimiento de normas éticas, un mayor control del personal investigador e incluso de las publicaciones y una mayor transparencia y normativa en aquellas investigaciones que supongan un aumento de los riesgos a nivel de bioseguridad.

Finalmente, en este apartado también habría que tener en cuenta el auge tecnológico y la aparición de la mejora de las personas mediante el llamado *biohacking* o enfoques transhumanistas. Estos buscan transformar y mejorar el ser humano mediante el uso de tecnologías que sumen nuevas —o mejores— capacidades a las que ya tiene por sí mismo (Megía, 2028), del mismo modo que un hacker modifica un sistema electrónico añadiendo funciones para las que no está diseñado. Uno de los promotores de esta idea fue Josiah Zainer cuando se inyectó un preparado creado mediante la herramienta biomolecular CRISPR para editar su genoma y conseguir, así, una mejora de su musculatura. Hay más ejemplos en cuanto a cómo recuperar una función orgánica perdida o mejorarla: la realización de implantes para análisis sanguíneos, implantes por radiofrecuencia y de comunicación por campo cercano que permite intercambiar datos, la utilización de cámaras en los ojos, la utilización de campos magnéticos asociados a las extremidades o la creación de una interfaz neuronal que

permita obtener y generar estímulos en miembros prostéticos. Hay, incluso, empresas que ofrecen diseños técnicos específicos para clientes ante los retos planteados (<https://zemsaniaglobal-group.com/>).

En resumen, este movimiento se encuentra ante unos dilemas éticos y morales que hay que dilucidar de manera más conveniente antes de su aplicación. Es indudable que el movimiento *biohacking* es capaz de abrir las puertas a muchos tratamientos experimentales beneficiosos, pero hay que tener en cuenta que puede ser peligroso pasar la línea del «libre albedrío científico», y todos los actores que participan en este movimiento son conscientes de ello. Muchos de los, inicialmente, precursores y defensores iniciales de ese movimiento aducen que es preciso tener más control sanitario y más conocimientos para aplicar estas tecnologías en la especie humana, acorde con una legislación avanzada que puede regular este tipo de procedimientos de manera segura.

Un aspecto que resulta fundamental tener en cuenta respecto a las tecnologías e investigaciones de uso dual es la necesidad de desarrollar códigos de conducta. En este sentido la Comisión Europea⁴ considera lo siguiente:

«La promulgación y la adopción de códigos de conducta por parte de los científicos en el campo relevante de la Convención, con el fin de aumentar la sensibilización sobre la Convención y ayudar a los agentes relevantes a cumplir con sus obligaciones legales, reglamentarias y profesionales y a respetar principios éticos».

El problema al que nos enfrentamos en relación a la necesidad de fomentar en el personal investigador una conciencia moral/ética que le impida iniciar vías de investigación que permitan alcanzar la capacidad operacional de diseminación de agentes biológicos, ya que el primer hito que un individuo o grupo debe tener para iniciar un programa biológico es disponer de la formación técnica y científica suficiente para iniciarlo.

⁴ Parlamento Europeo. (2004 – 2009). Documento de sesión 13.11.2006 B6-0586/2006 PROPUESTA DE RESOLUCIÓN tras las declaraciones del Consejo y de la Comisión presentada de conformidad con el apartado 2 del artículo 103 del Reglamento por Jan Marinus Wiersma, Ana Maria Gomes y Achille Occhetto en nombre del Grupo del PSE sobre la Convención sobre armas biológicas y tóxicas, bombas de racimo y sobre ciertas armas convencionales (Convenciones CABT y CAC).

En este sentido, Rihab Rashid Taha vulgarmente conocida como «Dra. Germen»⁵ fue la responsable junto con Nassir al-Hindawi del programa biológico iraquí, demostrándose que en numerosas ocasiones las motivaciones de los que inician/colaboran en un programa biológico, van más allá de los intereses económicos o de odio hacia la sociedad.

La comúnmente conocida como Convención de Armas Biológicas y Toxínicas⁶ da gran importancia al papel de los investigadores para luchar contra la proliferación de armas biológicas. En este sentido, a nivel nacional resulta prioritario desarrollar códigos de conducta en conjunción con códigos de buenas prácticas de laboratorio que permitan alcanzar un código deontológico común equilibrado y consensuado entre todos los profesionales implicados en el manejo de agentes biológicos, desde los investigadores hasta el personal auxiliar, pasando por los estudiantes y el personal de mantenimiento, ya que todos ellos, en mayor o menor medida tienen responsabilidad en el manejo y gestión de los agentes biológicos que puedan ser utilizados en acciones ilegales. Para lo cual el fomento de las medidas de biocustodia y de bioseguridad contribuye sin ninguna duda a alcanzar este objetivo.

5. Formación en ética

Dada la complejidad doctrinal, se antoja necesario dotar de una formación específica en bioética a los profesionales que vayan a tener algún tipo de intervención en la resolución de posibles asuntos en los que esté implicada la bioética. Básicamente, se trataría de integrar información biomédica con conceptos éticos para dotar de conocimientos interdisciplinarios al profesional, sobre todo sobre el adecuado uso de la ciencia, sobre la vida humana y animal en su relación con otras formas de vida y con el medio ambiente. Obviamente, esta formación implica conocer los principios éticos de los protocolos clínicos y medioambientales

⁵ Miller J. (1998). Baghdad Arrests a Germ Specialist. *The New York Times* (edición online) 24 mar. Disponible en: <https://www.nytimes.com/1998/03/24/world/baghdad-arrests-a-germ-specialist.html>

⁶ Pérez Mellado, R. y Escauriaza Leal, R. Convención para la prohibición de las armas biológicas: una herramienta para la seguridad internacional. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Gobierno de España (accedido 11 nov 2018). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/Divulgacion%20CABT_tcm30-190285.pdf

pero también detectar los conflictos bioéticos y abordarlos de manera conveniente.

De manera general, habría que apoyar que en todas las profesiones biosanitarias se impartiera formación en bioética. El enfoque curricular debería incluir elementos epistemológicos, humanísticos, conceptuales y pedagógicos mínimos; además, debería tenerse en cuenta la consecución de una interrelación y transversalidad entre los diferentes contenidos. Según algunos pedagogos (Sass, 2011) la bioética «puede considerarse como una disciplina académica, un principio cultural y moral y una virtud». Al igual que otros autores, Mínguez (2010) ha reconocido que la introducción de la bioética en los currículos de todo nivel hace necesario tener maestros y pedagogos que puedan dirigir el proceso educativo desde sus inicios, «que puedan enfrentarse a los rápidos cambios del entorno y a niños y jóvenes bombardeados por información al alcance de un clic».

El arte de enseñar, que durante muchos años pareció mantenerse apegado a las mismas normas, ha dado el salto a varios modelos con el fin de tratar de responder a las demandas de hoy. Respecto a las tendencias curriculares de formación en bioética, Villegas (2011) hace un análisis de lo que ha sucedido en los niveles universitarios desde el inicio del presente siglo. Su propósito es establecer los aspectos pedagógicos que mejoren las capacidades de los estudiantes en bioética y detectar aquellos aspectos pendientes de ser explorados y ampliados. Villegas concluye que es necesario incrementar la interacción entre bioética y educación superior para llegar a un desarrollo más profundo que contribuya a los procesos formativos. También afirma que el aprendizaje bioético requiere comprender que no se trata de un proceso lineal teórico-práctico. Finalmente, encontró que en el ámbito curricular analizado no se incluye la problemática ambiental y sus orígenes sociales en la vulnerabilidad y la inequidad. Por lo tanto, en la cuestión de la enseñanza bioética se reiteran constantes preguntas acerca de la función de la educación para afrontar los retos y desafíos más sentidos y actuales —como la convivencia, la crisis del medioambiente y la responsabilidad social del ser humano—, con lo cual se acepta que es la educación la que debe propender por la construcción de un sujeto con capacidades que contribuyan a su desarrollo. Anteriormente se hacía mención la necesidad de establecer unos principios éticos para las investigaciones en seres humanos. En este sentido la Declaración de

Helsinki de la Asociación Médica Mundial⁷ es uno de los referentes para reducir los peligros, pero también las consecuencias, de una falta de ética entre el personal médico en el desarrollo de su actividad profesional.

Las profesiones sanitarias han desarrollado sus códigos deontológicos, tal y como hemos señalado en apartados anteriores, algo que es necesario aprender y conocer de manera exhaustiva por parte de los profesionales. Como ejemplo, y de manera resumida, se contemplan los epígrafes de los códigos deontológicos de dos profesiones sanitarias, de las más relacionadas con las amenazas biológicas, como la medicina humana y la medicina veterinaria. En primer lugar, el código médico sirve para establecer el compromiso de la profesión médica con la sociedad a la que presta su servicio, incluyendo el avance de los conocimientos científico-técnicos y el desarrollo de nuevos derechos y responsabilidades de médicos y pacientes. Las pautas contenidas en él deben distinguirse de las imposiciones descritas en las leyes. Al tratarse de normas de obligado cumplimiento codifica las conductas y situaciones que sean asumidas por la mayoría de la colegiación, sin quebrantar la conciencia de nadie, ni violentar los fundamentos éticos que garantizan la convivencia de un amplio colectivo, que necesariamente ha de tener y mantener opiniones distintas ante algunos dilemas, que el ejercicio de una medicina cada vez más compleja plantea. Los principios esenciales de la profesión médica se traducen en las siguientes actitudes, responsabilidades y compromisos básicos:

- El fomento del altruismo, la integridad, la honradez, la veracidad y la empatía, que son esenciales para una relación asistencial de confianza plena.
- La mejora continua en el ejercicio profesional y en la calidad asistencial, basadas en el conocimiento científico y la autoevaluación.
- El ejercicio de la autorregulación con el fin de mantener la confianza social, mediante la transparencia, la aceptación y corrección de errores y conductas inadecuadas y una correcta gestión de los conflictos⁸.

⁷ Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. Asociación Médica Mundial [pág. web]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>

⁸ https://www.cgcom.es/sites/main/files/files/2022-03/codigo_deontologia_medica.pdf

Por su parte, el de veterinaria es muy similar, con un desarrollo de varios puntos:

- Relaciones entre las corporaciones integrantes de la Organización Colegial Veterinaria.
- Obligaciones de los Colegios.
- Funciones de la Organización Colegial Veterinaria Española en materia de principios deontológicos generales.
- El secreto profesional.
- Deberes básicos.
- Modalidades de ejercicio.
- Objeción de conciencia del veterinario.
- Obligación de cumplimiento de la normativa estatutaria.
- Concepto y deberes básicos del cliente.
- Relaciones con el deber de información.
- El consentimiento informado.
- Derechos de los clientes.
- Relación con los pacientes.
- Eutanasia y medidas paliativas.
- Relaciones entre sí.
- Relaciones con otros profesionales sanitarios.
- El ejercicio de la profesión al servicio de las Administraciones públicas.
- Incompatibilidades.
- Actividades profesionales en explotaciones ganaderas, mataderos⁹, etc.

En base a estos documentos y sus desarrollos normativos por parte de cada una de las organizaciones colegiales profesionales, se hace indispensable que los planes de estudio de los actuales grados biomédicos y CC de la salud (medicina, veterinaria, odontología, farmacia, enfermería, óptica, podología, fisioterapia y psicología) mantengan o, en su caso, incorporen asignaturas específicas de ética (o bioética) y deontología profesional en sus

⁹ <https://www.colvema.org/pdf/Codigodeontologico2020.pdf>

planes de manera individualizada y con una carga suficiente de créditos para su impartición. En algunos casos, esta presencia es inexistente en los planes de estudio, se imparten dentro de otras materias (con lo que pierde consistencia y profundidad), presentan un número de horas inadecuado o escaso o están colocados en los primeros cursos del grado (cuando deberían estar situados al final del grado, cuando los estudiantes tienen ya conocimientos que les permitan integrar y enjuiciar aquello que será parte integral de su actuación profesional futura.

Mediante la formación, debemos conseguir que el principal seguro que tengamos frente a la amenaza biológica sea que las personas relacionadas con las ciencias biosanitarias deban disponer de una sólida formación bioética para prevenir, dentro de lo posible, la utilización de agentes biológicos con fines prohibidos. Aunque hay que tener en cuenta que en el mundo en el que vivimos, aunque dispongamos de una formación ética disponemos de ejemplos que nos dicen lo contrario, como los ejemplos que se han citado en el apartado anterior; por ello hay que ahondar más, si cabe, en la formación en estos temas para evitar las amenazas a la salud y a la seguridad.

A modo de conclusiones, de la misma manera que señala Montaña-Mesa (2019) podemos establecer que existe la necesidad de que los docentes se formen y capaciten adecuadamente en temas bioéticos, para que el estudiante pueda acceder al conocimiento y a la experiencia con reflexiones éticas sobre las ciencias de la vida y su relación con la ciudadanía y la sociedad. También, sería muy necesario que la bioética se imparta como una asignatura en los diferentes planes de estudio, orientada a la búsqueda de una formación profesional integral y, de manera urgente, en la implantación en los estudios de posgrado.

6. Integridad científica

De acuerdo con la plataforma Ciencia Europa «lo que no podemos ni debemos hacer en ciencia» tiene relación con los términos de integridad científica: así «La integridad científica es intrínseca a la actividad de investigación y la excelencia. Está en el centro de la investigación misma. Es una base para que los investigadores confíen unos en otros, así como en el registro de la investigación, y, lo que es igualmente importante, es la base de la confianza de

la sociedad en la evidencia y experiencia de la ciencia¹⁰». En este sentido el NIH promulga una serie de valores en investigación que se deben preservar: honestidad; exactitud; eficiencia; objetividad; así, entre otras razones, la integridad científica salvaguarda los fundamentos de la ciencia y los conocimientos, mantiene la confianza pública en los investigadores y en la evidencia científica, sustenta la inversión pública continua en investigación y protege la reputación y las carreras de los investigadores. Todo ello está regulado por los Códigos de Buenas Prácticas Científicas o en Investigación, que están publicadas para prácticamente todas las instituciones de investigación, como por ejemplo las del CSIC¹¹, o las de la UCM¹², donde se describen las prácticas de investigación, en los siguientes contextos: entorno de la investigación; formación, supervisión y liderazgo; procedimientos de investigación; gestión de datos; trabajo colaborativo; publicación y difusión; revisión y evaluación. Así mismo incluye elementos como: el compromiso de comunicar contingencias sobrevenidas en los proyectos de investigación; conflictos de interés; cumplimiento de las políticas institucionales; cuestiones éticas y regulatorias; presentación de propuestas de financiación; propiedad intelectual y explotación de resultados.

Evidentemente, la conducta científica inadecuada no puede ser tolerada ya que compromete significativamente la conducta profesional adecuada de la investigación o la precisión del registro de la investigación, añadiendo resultados incorrectos o inútiles al registro científico. Además malgasta los fondos públicos, disminuye y compromete la confianza de la sociedad en sus investigadores y puede poner en peligro la vida de las personas y de los animales.

Las conductas inadecuadas pueden ser prevenidas mediante el uso de códigos de conducta estrictos, mediante la consulta con investigadores con más experiencia, senior, o con la formación en bioética e integridad científica.

7. Comités éticos

Una de las recomendaciones del Tribunal Supremo de los EE. UU. que intervino en el caso de Karen A. Quinlan a finales de los

¹⁰ <https://www.scienceeurope.org/our-resources/seven-reasons-to-care-about-integrity-in-research>

¹¹ <https://www.icmm.csic.es/img/Codigo-de-Buenas-Practicas.pdf>

¹² https://www.ucm.es/hrs4r_es/codigo-ucm-de-buenas-practicas-en-investigacion

años 70 del siglo pasado fue, precisamente, la de que se crearan comités de ética en los hospitales y centros médicos que fueran capaces de enfrentarse a dilemas como los que se crearon con este caso. A partir de entonces surgen directrices sobre la reanimación, el empleo de tratamientos costosos en enfermedades terminales, etc. En los años siguientes, el avance de las ciencias básicas, sobre todo de la genética y del Proyecto Genoma Humano, en conjunción con la mejora de técnicas reproductivas y biomoleculares, amplían el campo ético y deontológico, abriendo numerosas incógnitas a muchas cuestiones que surgen sin cesar. Por ejemplo:

- Las cuestiones relacionadas con la reproducción asistida. Se plantean unos status éticos para el embrión y el feto.
- Obtención de datos genéticos que puedan servir para aplicaciones discriminatorias (inmigración), derechos íntimos de las personas y predisposición a alteraciones o enfermedades.
- Cuestiones relacionadas con investigaciones en modificaciones genéticas de líneas germinales humanas.

A nivel europeo, la directiva mencionada anteriormente (2010/63), señala que en Europa, cualquier proyecto de experimentación debe ser validado por un comité de ética y posteriormente validado por la autoridad competente que puede ser central (como en el caso de Francia o Reino Unido) o puede ser autonómica, como es el caso de Alemania o de nuestro país. Además, en España se decidió añadir un tercer comité independiente, el órgano habilitado que es el que finalmente evalúa el proyecto. Luego en España, de acuerdo a la legislación, hay tres comités que van a valorar el proyecto y su adecuación a la legislación: un comité local, uno externo independiente y la autoridad que validará el proyecto. Para ello, todas las instituciones tienen dossieres específicos, muy complejos, que hay que rellenar para realizar la investigación, y que recoge datos que justifiquen la utilización de los sujetos objetos de la investigación, sus beneficios, las posibles alternativas (si existen), qué tipo de procedimientos experimentales se realizarán, si se deben transportar, si se aplicarán métodos de reducción o refinamiento, qué tipo de alojamiento, tipos de severidad, cómo están alojados los animales, si habrá o no anestésicos o si se realizará eutanasia y cuál es la capacitación técnica certificada de cada integrante del proyecto. Además, siempre se incluyen requerimientos sobre

el tratamiento de los datos obtenidos, su almacenamiento y las condiciones para su difusión.

Existe una gran cantidad de legislación acerca de los objetivos, composición y utilización de los comités de ética en nuestro país. Básicamente, todos ellos tienen una composición multidisciplinar, transversal y con experiencia en tareas de investigación y resolución de problemas bioéticos y deontológicos asociados a los procesos de investigación. Los diferentes reglamentos señalan el funcionamiento ordinario de los mismos y acotan los mecanismos, plazos y documentación que es imprescindible aportar para aprobar cualquier proyecto o procedimiento. Como ejemplo, podemos incluir los diferentes comités éticos relacionados con la actividad investigadora que presenta la Universidad Complutense de Madrid¹³, algo muy similar a lo que ocurre en la mayoría de los centros del país. En este caso, cualquier proyecto sometido a evaluación puede necesitar la valoración de tres comités éticos:

- Si la investigación conlleva estudios con seres humanos, con muestras humanas o recogida de datos personales de seres humanos requerirá informe del Comité de Ética (CEI).
- Si la investigación conlleva estudios con agentes biológicos o estudios con organismos genéticamente modificados requerirá informe del Comité de Bioseguridad (CB).
- Si la investigación conlleva estudios con animales de experimentación requerirá informe del Comité de Experimentación Animal (CEA).

Por ejemplo, este último es el comité encargado de emitir los informes preceptivos que se le soliciten en relación con el uso de animales para experimentación y, en particular, en los proyectos de investigación que requieran el uso de animales en su desarrollo. Además valora la capacitación de las personas que van a llevar a cabo los procedimientos, su reconocimiento y su mantenimiento, además de realizar y supervisar actividades de formación continua para el mantenimiento de la capacitación del personal UCM que trabaje con animales de experimentación.

Finalmente, hay que señalar la existencia de dos comités que, por su importancia, merece la pena destacar:

Comité de Bioética de España: creado por la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica (BOE 4 de julio) como

¹³ <https://www.ucm.es/solicitud-de-evaluacion-cei-cb>

un «órgano colegiado, independiente y de carácter consultivo, que desarrollará sus funciones, con plena transparencia, sobre materias relacionadas con las implicaciones éticas y sociales de la biomedicina y ciencias de la salud». El comité quedó constituido el 22 de octubre de 2008 y está adscrito al Ministerio de Sanidad. Tiene la misión de emitir informes, propuestas y recomendaciones para los poderes públicos de ámbito estatal y autonómico sobre materias relacionadas con las implicaciones éticas y sociales de la biomedicina y ciencias de la salud. Asimismo, se le asignan las funciones de establecer los principios generales para la elaboración de códigos de buenas prácticas de investigación científica y la de representar a España en los foros y organismos supranacionales e internacionales implicados en la bioética¹⁴.

Grupo Europeo de Ética: el GEE es un organismo independiente designado por el presidente de la Comisión Europea para asesorar sobre todos los aspectos de las políticas y la legislación de la Comisión en los que las dimensiones **ética**, social y de derechos fundamentales se cruzan con el desarrollo de la ciencia y las nuevas tecnologías¹⁵. El grupo vela sobre la elaboración de códigos de conducta para la integridad en la investigación en proyectos financiados por la Comisión Europea.

8. Bibliografía

- Blackburn, P. (2006). *La ética: fundamentos y problemáticas contemporáneas* (1.ª ed.). J. J. Trejo, (trad.). México, D.F., México, Fondo de Cultura Económica. P. 17.
- Código buenas prácticas de laboratorio. CSIC. [Consultado el 10.10.2022]. <https://www.icmm.csic.es/img/Codigo-de-Buenas-Practicas.pdf>
- Código de buenas prácticas en investigación, UCM. [Consultado el 10.10.2022]. https://www.ucm.es/hrs4r_es/codigo-ucm-de-buenas-practicas-en-investigacion
- Código deontológico Consejo Oficial de Colegios Médicos de España. [Consultado el 10.10.2022]. https://www.cgcom.es/sites/main/files/files/2022-03/codigo_deontologia_medica.pdf

¹⁴ <http://www.comitedebioetica.es/>

¹⁵ https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/ege/ege_integridad_cientifica.pdf

- Código deontológico Consejo Oficial de Colegios Veterinarios de España. [Consultado el 10.10.2022]. <https://www.colvema.org/pdf/Codigodeontologico2020.pdf>
- Comité de Bioética de España. (2007). [Consultado el 10.10.2022]. <http://www.comitedebioetica.es/>
- Cortina, A. (2000). *Ética mínima* (6.ª ed.). Madrid, España, Ed. Tecnos. P. 37.
- Gisbert Calabuig, J. A., y Verdú Pascual, F. A. (2000). Moral médica, bioética y deontología. En: *Medicina legal y toxicología*. 5.ª ed. Barcelona, Masson. Pp. 102-115.
- Capó Martí, M. A. (2016). *Principios de bioética global: una aproximación a la bioética animal, la ecoética y la ética de los organismos transgénicos*. Madrid, Ed. Tébar Flores.
- CDTI. Programas duales. Ministerio de Ciencia e Innovación. [Consultado el 10.10.2022]. <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=893&MN=2>
- Greenfieldboyce, N. (2017). Did Pox Virus Research Put Potential Profits Ahead of Public Safety? Shots: health news from NPR. <https://www.npr.org/sections/health-shots/2018/02/17/585385308/did-pox-virus-research-put-potential-profits-ahead-of-public-safety?t=1541692661239>
- Grupo Europeo de Ética. (1991). [Consultado el 10.10.2022]. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/ege/ege_integridad_cientifica.pdf
- Kupferschmidt, K. (2017). How Canadian researchers reconstituted an extinct poxvirus for \$100,000 using mail-order DNA. *Science Mag*. <https://www.sciencemag.org/news/2017/07/how-canadian-researchers-reconstituted-extinct-poxvirus-100000-using-mail-order-dna>
- Keiichi, T. (2005). Unit 731 and the Japanese Imperial Army's Biological Warfare Program. *The Asia-Pacific Journal*. 2005;3(11). Disponible en: <https://apjjf.org/-Tsuneishi-Keiichi/2194/article.html>
- Montoliu, LI. (2020). *Ética e integridad en la investigación*. Cursos de El Escorial. Universidad Complutense de Madrid.
- (2021). Mantenimiento de la capacitación para la experimentación animal y otros fines científicos. UCM. <https://www.youtube.com/watch?v=zg9koNuEDKM>
- Reglamento general de protección de datos, CE. (2016). <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>

- Megía, R. (2018). Biohackers: biología de garaje para mejorar el ser humano. *Genética Médica.News*. https://genotipia.com/genetica_medica_news/biohackers/
- Metraux, D. A. (1995). Religious Terrorism in Japan: The Fatal Appeal of Aum Shinrikyo. *Asian Survey* .1995; 35(12):1140-1154. <https://doi.org/10.2307/2645835>
- Mínguez, R. (2010). La escuela hoy en la encrucijada. Hacia otra educación desde la ética de E. Lévinas. *Teoría de la Educación, Revista Interuniversitaria*. 22(2), pp. 43-61.
- Montaña Mesa, P. A. (2019). La educación en bioética en la formación integral del futuro oficial del Ejército de Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*. 17(25), pp. 25-46. <https://doi.org/10.21830/19006586.340>
- National Research Council. (2004). Conclusiones del Informe Fink. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/10827/bio-technology-research-in-an-age-of-terrorism>
- Nie, J. B. (2004). The West's dismissal of the Khabarovsk trial as 'communist propaganda': ideology, evidence and international bioethics. *J Bioeth Inq*. 2004;1(1):32-42.
- Pérez Juanes, A. (2021). La organización terrorista Aum Shinrikyo y su impacto en la seguridad internacional. TFG. Madrid, Universidad Pontificia de Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/47540/TFG-%20Perez%20Juanes%2C%20Ana.pdf?sequence=2>
- Plataforma Ciencia Europa. (2015). Seven Reasons to Care about Integrity in Research. doi: 10.5281/ZENODO.5060023
- Potter, V. R. (1970). *Bioethics: Bridge to the Future*. Ed. Prentice-Hall.
- Rosenau, W. (2002). Aum Shinrikyo's Biological Weapons Program: Why Did it Fail? *Studies in Conflict and Terrorism*. 24 (4), pp. 289-301.
<https://doi.org/10.1080/10576100120887>
- Sass, H. (2011). El pensamiento bioético de Fritz Jahr 1927-1934. *Aesthetika*. 6(2), pp. 20-33.
- Serrano, J. M. (1992). *Cuestiones de bioética*. Madrid, Ed. Sperio.
- Simons E. (2006). Faith, Fanaticism, and Fear: Aum Shinrikyo--The Birth and Death of a Terrorist Organization. *Forensic Examiner*. 2006;15(1):37-45.

- Takahashi, H. *et al.* (1993). Bacillus anthracis incident. *EID*. 2004;10(1):117-120. Tokyo, Kameido. doi: 10.3201/eid1001.030238
- Villegas, E. (2011). Tendencias de la formación bioética en los currículos universitarios. *Revista Colombiana de Bioética*. 6(1), pp. 103-124.
- Villarreal, E. A. (2013). Importancia de la enseñanza de Ética Profesional Militar en los Cursos de Capacitación para Oficiales como factor de profesionalización. Tesis doctoral. Uruguay, Instituto Militar de Estudios Superiores.
- Working, R. (2001) The trial of Unit 731. *The Japan Times* (ed. online) 05 jun. 2001. Disponible en: <https://www.japantimes.co.jp/opinion/2001/06/05/commentary/world-commentary/the-trial-of-unit-731/>

Capítulo noveno

Nuevas amenazas silenciosas

Luis Enrique Martín Otero

Resumen

En el siglo XXI, la tecnología junto con la biotecnología ofrece nuevos campos para la investigación que a veces parecen de ciencia-ficción y con un amplio espectro de posibilidades, siendo muchas de ellas de aplicación dual. Lo que significa que, en el mundo de hoy, el dominio mental y biológico sobre la población es el objetivo para conseguir dichos fines, siendo desarrollada por los países más poderosos. Las nuevas amenazas silenciosas que se desarrollan son: armas sónicas, armas psicotrónicas, armas ambientales, armas genéticas, etnobombas, entomológicas y robóticas, que hacen de este mundo un lugar bastante inseguro.

Palabras clave

Tecnología, biotecnología, armas sónicas, armas psicotrónicas, armas ambientales, armas genéticas, etnobombas, entomológicas y robóticas.

New Silent Weapons

Abstract

In the 21st century, technology together with biotechnology offer new fields for research that sometimes seem like science fiction and with a wide spectrum of possibilities, many of them of a dual application. It means that, in today's world, a mental and biological control over the population is the objective to achieve these ends, being developed by the most powerful countries. The new silent threats that are developing are: sonic weapons, psychotronic weapons, environmental weapons, genetic weapons, ethnobombs, entomological and robotic weapons, which make this world a rather insecure place.

Keywords

Technology, biotechnology, sonic weapons, psychotronic weapons, environmental weapons, genetic weapons, ethnobombs, entomological and robotics.

1. Nuevas amenazas silenciosas

En los comienzos del siglo XXI, el mundo se enfrenta no solo a las emergencias de nuevos agentes infecciosos (más de 30 en los últimos decenios del siglo XX) sino también a la reaparición de enfermedades potencialmente epidémicas bien conocidas (cólera, fiebre amarilla, etc.), así como pandemias de nuevos patógenos como el SARS-CoV-2.

A pesar de los progresos de las ciencias médicas de los últimos 50 años las enfermedades continúan amenazando al mundo, apareciendo además nuevas enfermedades producidas no por nuevos patógenos sino por efectos de las nuevas tecnologías que, en unas ocasiones, actúan de manera silenciosa y, otras veces, son realmente difíciles de detectar (ondas sónicas, psicotrónicas, etc.) afectando a los seres vivos.

En el momento actual, el mundo evoluciona muy deprisa desde el punto de vista tecnológico ofreciendo tecnologías que parecen más de la ciencia-ficción que reales. Estas son aplicables a muchas actividades de nuestra vida, tanto para la realización de efectos positivos como para el desarrollo de efectos negativos, pero, aunque no lo creamos llevan tiempo desarrollándose y podrían estar siendo operativas en estos momentos.

Tener información sobre estas tecnologías nos permite prevenir efectos no deseados. Se las llama silenciosas porque a simple vista, ninguno de nuestros cinco sentidos permite percibir las, pero esto no significa que no existan. Vemos que el concepto biológico se está uniendo a lo tecnológico, estimando que habrá en un futuro muy próximo tres conceptos que tendremos que interpretar: neurobiológico, informático (tecnológico) y social¹.

El actor principal donde se desarrolla esta tecnología del control y manipulación es el cerebro. En la actualidad, la población vive en dos planos diferentes, el físico y el virtual, pero el punto de conexión de ambos está en la mente. Este es el punto donde estas técnicas hacen su efecto para conseguir dominar a las personas.

¹ Baños Bajo, P. (2020). *El dominio mental. La geopolítica de la mente*. Madrid, Editorial Ariel. Todos los enlaces se encuentran activos a fecha de cierre del presente documento, 6 de septiembre de 2022. Disponible en: https://www.casadellibro.com/libros-ebooks/pedro-banos/20099809?gclid=Cj0KCQjw6_CYBhDjARIsABnuSsrXsfW-JHIMPvObvPs9PrYWar1nIjVEWjycvEYXpA8T5NnsdeIM6xIIaAoEvEALw_wcB

Necesitamos dedicar más tiempo a investigar la protección de nuestro cerebro. El fenómeno del «lavado del cerebro» tiene hoy día una presencia eminente tanto en la propaganda como en la publicidad comercial, aunque disimulado bajo denominaciones tan políticamente correctas como la «publicidad», «industria de la comunicación», «relaciones públicas» o directamente «servicio informativo». Estamos envueltos en una apretada telaraña de vigilancia electrónica, y sabedores de ello o no, voluntariamente o no y, en cualquier caso, sin que nadie nos haya pedido permiso para ello, nos hemos visto arrastrados a ejercer también el papel de arañas que tejen dicha tela o de dóciles y muy a menudo entusiastas cómplices de estos arácnidos tejedores².

Tal y como describen Zygmunt Bauman y Leonidas Donskis en la obra *La maldad líquida*, el lavado de cerebro contemporáneo presenta esa maldición disfrazada de bendición³.

Stephen Hawking llegó a afirmar que, «Ahora todos estamos conectados por Internet como las neuronas a un gran cerebro»⁴. El ser humano es un organismo electromagnético cuyo funcionamiento se puede alterar mediante señales de ondas enviadas a determinadas frecuencias, y sus emociones, pensamientos y pasiones se pueden «traducir» a frecuencias y potencias. Es decir, pueden ser cuantificadas y parametrizadas según el Instituto Tecnológico de Massachussets y la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Stanford⁵.

1.1. Armas sónicas

Definimos como «arma sónica» a la agresión electromagnética mediada con radiofrecuencias que se basan en la emisión de infrasonidos de 0,1Hz a 20Hz, y de ultrasonidos a partir de 20Khz a 300Khz.

Estas frecuencias son inaudibles, pero impactan en la fisiología del organismo humano (tabla 1).

² <https://www.elmundo.es/cultura/laesferadepapel/2019/01/22/5c41e7ee21efa-032298b466b.html>

³ Zygmunt, B. y Donskis, L. (2019). *La maldad líquida*. Editorial: EDICIONES PAIDÓS (22/01/2019). ISBN : 844933540X.

⁴ Hawking, S. (Marzo, 2018). Todos los enlaces se encuentran activos a fecha de cierre del presente documento, 6 de septiembre de 2022. Disponible en: https://es.linkedin.com>pulse>frases-de-stephen-hawking.17_

⁵ Massachussets Institute of Technology (MIT, Harvard University) & Engineer School (Stanford University).

Efectos de las armas sónicas
Pérdida de la audición
Náuseas
Dolor de cabeza
Pérdida de equilibrio
Daño al sistema nervioso

Tabla 1. Efectos de las armas sónicas

El rango de audición del oído humano está entre 20Hz y 20.000Hz, siendo tremendamente vulnerable a los sonidos por encima o por debajo del espectro al que estamos acostumbrados.

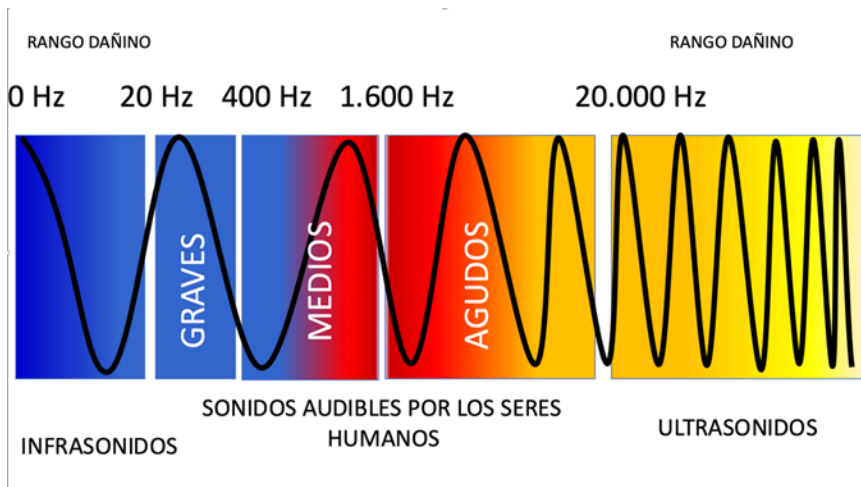


Ilustración nº. 1. Rango de audición humana incluidos rangos dañinos armas sónicas

Los animales, como los perros y los gatos tienen una mayor amplitud de recepción tanto en frecuencias altas como en las bajas para ser detectadas. De manera que cuando hay un fenómeno de alteración terrestre (terremotos o tsunamis) lo perciben y emprenden la huida de las proximidades donde se producirá el fenómeno antes de que se produzca. Se han visto escasos animales muertos en catástrofes de este tipo, a no ser que se encuentren encerrados donde no pueden tener escapatoria.

Por otro lado, hay animales que su fino sentido del oído les sirve para orientarse y comunicarse, utilizando frecuencias más altas

o bajas. Algunos murciélagos utilizan chasquidos de ultrasonidos para ubicarse en la oscuridad absoluta en el interior de las cuevas.

Una de las ventajas que tienen las armas sónicas radica en que no necesitan una munición constante por lo que, mientras vayan cargadas con una fuente de energía móvil, no tendrán muchos requerimientos en términos logísticos.

Otra de las ventajas se centra en que podrían ser completamente invisibles y permanecer ocultas sin ser detectadas mientras son empleadas. Esta metodología es la que podría haber utilizado con el llamado «Síndrome de la Habana», en el que el personal diplomático de la embajada de EE. UU. en Cuba resultó afectado por una patología muy peculiar.

La emisión de energía pulsada y dirigida, empleada como arma, producen patologías como:

Fenómenos sensoriales:

- Audición de sonidos y ruidos extraños.
- Presión.
- Calor.

Síntomas físicos:

- Vértigo repentino.
- Nauseas.
- Dolor de cabeza.
- Dolor de cuello.

Ambos fenómenos se pueden dar por separado o conjuntamente.

Entre los años 2016 y 2017, emergieron enfermedades misteriosas en el personal de la embajada de EE. UU. en la Habana (sufrieron continuos mareos, zumbido en los oídos, vértigo, dolores de cabeza y fatiga) y que, posteriormente, se hicieron público y se relacionaron con leves lesiones cerebrales⁶. Días más tarde volvió a suceder lo mismo con los empleados de la embajada de Canadá en la capital cubana. También ocurrió algo parecido con los funcionarios de Cantón, Shanghái, Beijing y Moscú. Los canadienses sugirieron que podría ser efecto de las neurotoxinas

⁶ <https://edition.cnn.com/2018/05/23/asia/us-employee-china-sound-injury-intl/index.html>

de la fumigación contra los mosquitos que en aquel momento se realizaba en Cuba en la lucha contra el Zika⁷.

En diciembre de 2017, un agente de la CIA destinado en Moscú, Marc Polymeropoulos, sufrió efectos similares y aseguró haber perdido el dominio de su cuerpo⁸.

La Academia Nacional de Ciencias de EE. UU., a finales de 2020 concluyó que la «radiación de microondas» fue probablemente la causa de las extrañas enfermedades de la Habana. Estas circunstancias serían muy alarmantes para la seguridad nacional de EE. UU., por ser un arma invisible, silenciosa e indetectable⁹.

Hasta el momento no disponemos de información concluyente sobre la causa de este tipo de incidentes y es prematuro conjurarlo, a tenor de las declaraciones de J. Schoch, portavoz de la Oficina del director de la Inteligencia Nacional. Y el Kremlin negó cualquier posible participación.

1.2. Armas psicotrónicas

El ser humano, a manera de una computadora, contiene un conjunto de órganos que le permiten transformar la información, pero no solo están limitados a la actividad electrónica del cerebro, el corazón y el sistema nervioso periférico, sino a las señales enviadas desde la región del sensorio común a otros órganos de nuestro cuerpo.

Las células capilares ínfimas ubicadas en el oído interno que transforman los sonidos auditivos, así como la retina sensible a la luz y la córnea del ojo que transforma la actividad visual, informan al cerebro sobre esas actividades (Proyecto Pandora)¹⁰.

El fundamento en el que se basan las armas psicotrónicas es que utilizan ondas electromagnéticas para deformar la percepción humana y generar efectos psicosomáticos negativos. Las ondas actúan sobre

⁷ <https://www.cbc.ca/news/canada/havana-syndrome-neurotoxin-enqu%C3%AAte-1.5288609>

⁸ https://www.lemonde.fr/en/m-le-mag/article/2022/06/14/the-puzzle-of-havana-syndrome-the-strange-disease-affecting-north-american-spies-and-diplomats_5986672_117.html

⁹ <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25889/an-assessment-of-illness-in-us-government-employees-and-their-families-at-overseas-embassies>

¹⁰ Proyecto Pandora. Proyecto para estudiar la respuesta cerebral a la radiación electromagnética, un programa dirigido por la CIA. Disponible en: <http://www.divinortv.com>2019/06>proyecto.pandora>

las frecuencias de la misma naturaleza que la actividad eléctrica del cerebro humano, es decir sobre los 14Hz. Estas frecuencias reciben el nombre de ELF (Extraordinarily Low Frequencies) que penetran en las materias más densas y tienden a dispersarse.

También tienen otras acciones, como estimular la producción de histamina de las células del cerebro, generando náuseas, debilitamiento, miedo, pánico, depresión y otros síntomas.

También se han estudiado frecuencias EHF (Extraordinarily High Frequencies) que pueden estar entre 30 y 300 gigahercios y una longitud de onda de 10 mm. Estas se reflejan sobre superficies sólidas y tienen una característica importante que operan en línea recta y pueden dirigirse hacia objetivos muy pequeños en lugar de hacerlo sobre zonas más amplias.



Ilustración n.º 2. Revista Algarabía Extra. Lo insólito y lo sobrenatural.
Año 2 #3, p. 64

Estas armas se usan contra el cerebro para inducir alucinaciones, enfermedades, mutaciones en las células humanas y hacer que el ser humano actúe como autómatas o peor aún que pueda morir.

Las futuras armas psicotrónicas y algunas ya presentes¹¹, son las siguientes:

- Generador psicotrónico.
- Generador autónomo.

¹¹ ¿Se están utilizando ya armas psicotrónicas? Disponible en:
<https://www.dsalud.com/reportaje/se-estan-utilizando-ya-armas-psicotronicas/>

- Generador del sistema nervioso.
- Emanaciones de ultrasonidos.
- Casetes silenciosas.
- Efecto del cuadro 25.
- La psicotropía.

1.2.1. Generador psicotrónico

Dispositivo que produce una emanación electromagnética muy poderosa que se puede transmitir por las líneas telefónicas, la televisión, la radio y las lámparas incandescentes. Posiblemente esto es lo que le sucedió al general checheno Dudayev, quien falleció en el transcurso de una llamada telefónica al móvil durante la guerra de Rusia con Chechenia.¹²

1.2.2. Generador autónomo

Un dispositivo de ondas que puede destruir cualquier criatura viviente que funciona en la banda de 10 a 150 Hz. En el ancho de banda de 10 a 20 Hz se forma una oscilación infrasónica que destruye a todo ser vivo.

1.2.3. Generador del sistema nervioso

Un dispositivo ideado para paralizar el sistema nervioso de los insectos. También se podría emplear de la misma forma para los humanos.

1.2.4. Aparato que produce emanaciones de ultrasonidos

Estos pueden destruir órganos internos y sin derramamiento de sangre ni siquiera dejar huellas en la piel. Pueden ser mortíferas.

1.2.5. Las casetes silenciosas

Este es un método por el que los japoneses han encontrado la manera de filtrar tipos de voz en la música que son de ínfima frecuencia

¹² https://futurevoice.org/wp-content/uploads/2021/04/HUMAN-RIGHTS-Voices_Magazine-III_EN.pdf

pero que captan el subconsciente. Los rusos lo emplean para tratar el alcoholismo y el tabaquismo¹³.

1.2.6. El efecto del cuadro 25

Es una técnica donde cada 25 exposiciones de un film de película proyectado en pantalla se inserta un mensaje que queremos enviar y que es recogido por el subconsciente. Con esta técnica se puede influir y/o manipular la teleaudiencia o a un informático.

1.2.7. Psicotrópicas

Es la ciencia que emplea sustancias médicas para generar un trance, euforia o depresión. Se suelen llamar «minas de acción lenta» y se puede infiltrar furtivamente en los alimentos o en los abastecimientos de agua. Sus síntomas son: dolores de cabeza, ruidos que recibe el cerebro, mareos, dolores abdominales y arritmias cardíacas.

Hay otras técnicas mucho más tradicionales que se vienen empleando desde hace tiempo:

La percepción sensorial (ESP) se puede utilizar para leer el pensamiento de los seres humanos¹⁴.

- La telepatía: consiste en transmitir ideas a través de la distancia. Se utiliza para operaciones al encubierto.
- La telequinesia: comprende el desplazamiento o rotura de objetos físicos mediante el poder de la mente. Se puede utilizar contra sistemas de mando y control y destruir el funcionamiento de las ADM.
- La psicoquinesia: ciencia que interfiere con los pensamientos de los individuos, ya sea en lo estratégico o en lo táctico.
- La clarividencia: observación de objetos ubicados más allá del mundo de lo visible. Se utiliza para inteligencia.

¹³ Añadir cita a pie de página: <https://press.armywarcollege.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1871&context=parameters>

¹⁴ Thomas, T.M.; Longina. C. (2008). El cerebro no tiene murallas protectoras. *Mil Rev.* Disponible en: <http://www-cgsc.army.mil/MILREV/index.htm>

2. Armas ambientales

Estas armas y sus efectos no son nuevas. Ya a principios de 1967, durante la guerra de Vietnam, se lanzó por parte del ejército de los EE. UU. la «Operación Popeye», bajo el lema: *Propagar el lodo y no la guerra*. El ejército de EE. UU. sembró con yoduro de plata las nubes encima de la ruta Ho Chi Minh con el fin de crear inundaciones e interrumpir las vías de aprovisionamiento de los norvietnamitas¹⁵.

El empleo de este mecanismo de actuación lo podríamos definir como «ecoterrorismo», puesto que no solo se podría utilizar en conflictos armados, sino que esta tecnología podría pasar a manos terroristas, con la finalidad de conseguir sus objetivos, actuando sobre ecosistemas y ocasionando efectos perniciosos tanto a las personas como a los animales y plantas.

Hoy, la tecnología empleada para este tipo de manipulación meteorológica se haya dentro de lo que se denomina geoingeniería o la «manipulación tecnológica deliberada, a gran escala, de sistemas de la Tierra (los océanos, los suelos y/o la atmosfera) incluyendo los relacionados con el clima».

La geoingeniería emerge como un sistema desarrollado para el empleo militar, pensando en emplear el clima como arma. Pero para controlar este fenómeno se creó el Convenio sobre la modificación ambiental para el no uso de este tipo de técnicas de guerra. No obstante, este tipo de investigación continúa desarrollándose, aunque desconocemos qué grado de evolución puede tener en la actualidad, debido a que sus avances son secretos.

A tenor de las declaraciones, el científico Nicholas Begich¹⁶, un activista contra el HAARP, esta tecnología silenciosa actúa de la siguiente manera: «es enormemente poderosa y está compuesta por un conjunto de antenas que emiten haces de ondas radiales que son elevadas a las zonas de la ionosfera (la capa superior de la atmósfera) concentrando un haz y calentando esas zonas. Entonces las ondas electromagnéticas rebotan hacia la tierra y arrasan con todo, vivo o muerto¹⁷.

¹⁵ «Operación Popeye», la manipulación del clima y chemtrails. Disponible en: <https://codigoancestral.com/operacion-popeye-manipulacion-del-clima>

¹⁶ Beigch, N. y Manning, J. *The Military's Pandora's Box*. Disponible en: <http://www.xyz.net/~nohaarp/earthlight.html> / <http://www.haarp.alaska.edu>

¹⁷ Ibid.

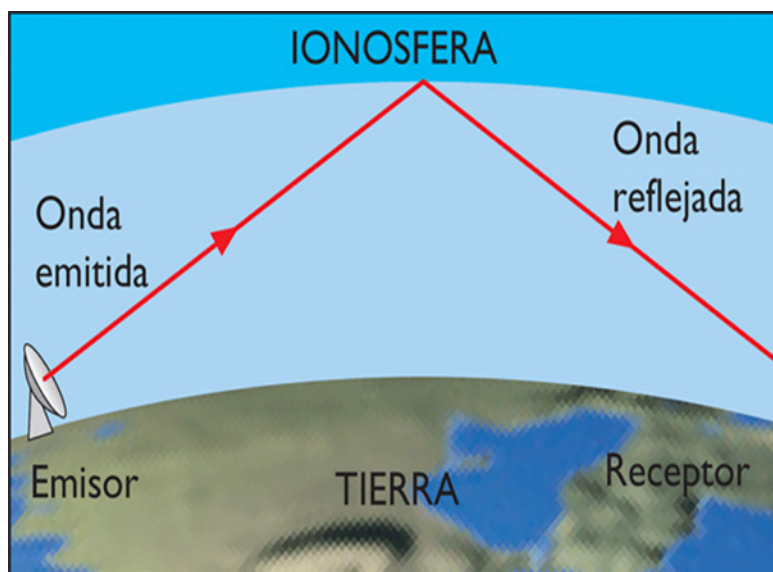


Ilustración n.º 3. Radio Habana Cuba. El Haarp un proyecto para controlar

La geingeniería puede afectar tanto sobre el medio ambiente como sobre los seres vivos a través del campo magnético de la Tierra. Desde la superficie terrestre hasta la ionosfera —en los que existen 100 Km de extensión—, hay líneas circulares de flujo magnético conductores de las ondas electromagnéticas que están compuestas de una capa de partículas cargadas eléctricamente y actúan como escudo protector contra los vientos solares.

Las ondas del campo electromagnético de la Tierra se las llama *Resonancia de Shumann*, y poseen una frecuencia extremadamente baja (ELF) normalmente suele oscilar los 7,8 Hz. Dichas ondas de la Tierra son idénticas al espectro de frecuencias de las ondas cerebrales humanas, considerándose a estas como una constante normal biológica de nuestro hipotálamo. La investigación demuestra que la exposición a la frecuencia de 7,8Hz es esencial para nuestra salud mental y física, y sincroniza los ritmos circadianos, ayudando a nuestro sistema inmunológico y mejorando nuestra sensación de bienestar.

Si las frecuencias son alteradas mediante la geingeniería no solo podrían afectar a los cambios meteorológicos, sino que podrían provocar cambios psicológicos y de comportamiento sobre los seres vivos. Es decir, no solo nos hallamos rodeados de frecuencias naturales, sino que nuestros cuerpos están repletos de ellas también. De hecho, nuestras células se comunican mediante

frecuencias electromagnéticas, y nuestro cerebro emite una corriente constante de frecuencias al igual que nuestro ADN que proporciona instrucciones empleando ondas de frecuencia.

Esta tecnología puede ser empleada para el control mental de los seres vivos, así como para producir la activación de patógenos a grandes distancias, ocasionando con ellos enfermedades de manera selectiva. Las radiofrecuencias constituyen una herramienta muy peligrosa si son mal empleadas.

La base de la geoingeniería, a través de las ondas electromagnéticas, no solo se podrían utilizar para la modificación ambiental sino también para la manipulación de la mente, activando con ello varias glándulas del cuerpo que reaccionarían liberando sustancias químicas que hacen que los seres vivos actúen de una u otra manera.

Al mismo tiempo, se están desarrollando nuevas tecnologías para implantar microchips en el cerebro de las personas, con el objetivo de transportar datos personales que, en caso de accidente o necesidad, el mecanismo de respuesta o actuación pueda ser mucho más rápido. Pero la implantación de microchips en el cerebro podría usarse también para otros fines, además de los que acabamos de citar, como para controlar permanentemente a la persona que ha sido implantada, por medio de las ondas electromagnéticas, manipulando y extrayendo información de dicha persona.

La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de EE. UU. (DARPA) desarrolla un proyecto denominado Biostasis¹⁸ que pretende la implantación neurológica a los soldados con la finalidad de incrementar su supervivencia, estando dirigida a controlar el metabolismo y las constantes vitales y así evitar que el soldado pueda empeorar (pérdida de sangre, pulsaciones). Es decir, la creación de una criptobiosis, una reducción del flujo sanguíneo sin que el cerebro pueda sufrir daños irreversibles por falta de oxígeno, que es lo más parecido a morir y resucitar.

DARPA también desarrolla un proyecto denominado «Prescripciones Eléctricas», consistente en la neuroestimulación eléctrica enfocada a la estimulación de determinadas zonas del cerebro o el sistema nervioso, con el fin de acelerar el aprendizaje y mejorar las habilidades intelectuales.

Tener implantado un microchip que pueda medir las constantes vitales, tales como, por ejemplo: la fatiga, la deshidratación o la

¹⁸ <https://www.darpa.mil/program/biostasis>

desnutrición; podría resultar de una gran utilidad, no solo desde el punto de vista sanitario sino también desde el punto de vista ético. De manera que cuando un soldado se halle fatigado podría ser estimulado intracranealmente para que continúe permaneciendo atento y vigilante. Y también podría ser empleado para que los soldados aprendan de forma rápida, el idioma o dialecto de la zona donde se encuentran¹⁹.

3. Armas genéticas

El concepto de armas genéticas se refiere a la modificación del código genético de los microorganismos patógenos a través de tecnología de edición genética, siendo el resultado una nueva generación de armas biológicas desarrolladas en laboratorios de bioseguridad que pueden atacar al enemigo desde un nivel genético.

El concepto de tecnología de edición genética básicamente se centra en que es un «gen tijera» capaz de empalmar fragmentos de genes de un organismo a otro de acuerdo con los objetivos marcados por aquellos que lo manipulen, cambiando así sus características fisiológicas. De esta manera las armas genéticas modifican los genes para obtener nuevos microorganismos patógenos, impidiendo la efectividad de las vacunas desarrolladas para neutralizar enfermedades ya conocidas.

Por lo tanto, este tipo de manipulación genética es considerada por la mayoría de las agencias de inteligencia como arma de destrucción masiva.

Esta situación puede ser la hipótesis sobre el origen de SARS-CoV-2, ya que hasta ahora no se ha demostrado el animal del que proviene el salto a los seres humanos, por consiguiente, pone sobre la mesa tanto la teoría sobre el origen natural del virus como la de que pueda haber sido desarrollado en el interior de un laboratorio. De manera que ambas teorías continúan abiertas. De ahí la razón de la importancia que la mayoría de los estamentos militares de todo el mundo ofrecen a la biotecnología, la bioingeniería, la genética y la biología, como áreas potenciales para la

¹⁹ Baños Bajo, P. (2020). *El dominio mental*. Editorial Ariel. Disponible en: https://www.casadellibro.com/libro-pack-tc-el-dominio-mental/8432715131311/12250991?-gclid=Cj0KCQjwjaYBhDIARIsAO8PKE3NLavyr1KJezQsYHXg0ZzyLtUqRIKfSZxXoRi0aIfUHE96APllhgwaAu6SEALw_wcB

aplicación militar. El desarrollo de armas biológicas, genéticas y étnicas, podría provocar la desaparición de la humanidad²⁰.

El concepto militar chino eleva a la biotecnología como una herramienta muy importante para el mando estratégico, según un artículo publicado en el *People Liberation Daily* del año 2017 y firmado por Cao Shiyang con el título «Cómo las armas genéticas afectarán al futuro de la guerra»²¹.

Esta tecnología no es nueva. Desde la Primera Guerra Mundial, Alemania ya empezó a utilizar armas biológicas, y más tarde la antigua Unión Soviética acaparó un importante volumen de arsenal biológico durante la Guerra Fría. También debemos subrayar la conocida como Unidad 731 del Japón durante la Segunda Guerra Mundial.

Por tanto, observamos que el empleo o la utilización de este tipo de armas biológicas en las situaciones de conflicto militar producen unos resultados catastróficos.

Desde que se descubrió el genoma humano y el desarrollo de la genética molecular, el estudio de las armas genéticas tuvo un desarrollo exponencial.

La obtención de modificaciones del ADN mediante la biotecnología, a día de hoy, es fácil de desarrollar por cualquier país que disponga, especialistas en la materia y un laboratorio de bioseguridad BSL3 o BSL4.

El diseño del nuevo patógeno (virus o bacteria) solo lo conocerá aquel que lo haya desarrollado, de ahí lo complicado de llegar al origen del nuevo patógeno y la dificultad de tener que desarrollar una nueva vacuna para su control, siendo por tanto una importante arma de ataque y de disuasión. Normalmente los laboratorios que trabajan con estas técnicas son secretos.

Las armas biológicas no dañan las infraestructuras ni la forma de expansión de estas, por lo que pueden ser diseminadas a distancia y sin exponer a sus soldados a través de aviones o de otros medios difusores.

²⁰ Toffer, A. The Shock of Future. En dicho trabajo defiende que el tiempo corre y nos aproximamos a un Hiroshima biológico.

²¹ Shiyang, C. Cómo las armas genéticas afectarán al futuro de la guerra. Disponible en: <https://dossiergeopolitico.com/2020/02/20/como-las-armas-geneticas-afectaran-el-futuro-de-la-guerra-x-cao-shiyang/>

Hay que diferenciar entre armas biológicas convencionales y armas genéticas. Estas últimas son más difíciles de controlar por ser más contagiosas y letales, debido fundamentalmente a que el tiempo transcurrido entre su exposición y/o dispersión hasta el desarrollo de una vacuna o antídoto, la pérdida de seres humanos resulta extremadamente relevante.

Para la creación de un arma genética sería suficiente con extraer del ADN de una bacteria el gen que contiene las características que se buscan. Por ejemplo, una bacteria con un gran potencial infectivo, este gen se puede cortar e introducirlo en el genoma de otra bacteria que pudiese ser letal pero muy poco contagiosa. La recién nacida sumaría las características de sus progenitoras: capacidad para matar y para propagarse fácilmente.

En una entrevista realizada al profesor Yang Huanming, secretario general del proyecto «Genoma Humano», afirmó que, en cualquier laboratorio, por pequeño que sea, se podrían combinar patógenos muy peligrosos. Por lo que sería terrible combinar el virus del HIV con el virus de la Influenza.

Otras personas afirman que el mundo no se destruye en manos de unos pocos renegados que odian al mundo, sino que se puede destruir en manos de los científicos. Según China la biotecnología, podría convertirse en una herramienta muy importante para el mando estratégico²².

También podrían ser desarrolladas bacterias que aumentarían su resistencia a los antibióticos, a las vacunas y a su estabilidad ambiental.

Empleando el ADN recombinante se pueden insertar genes en los microorganismos que afecten a las funciones reguladoras que controlan el estado de ánimo, el comportamiento y la temperatura corporal.

Otra de las aplicaciones de estas tecnologías está centrada en la posibilidad de poder alterar inmunológicamente microorganismos capaces de burlar el diagnóstico.

Desde el año 2014, la tecnología de edición de genes CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats) revolucionó la comunidad científica. El sistema CRISPR es, en términos sencillos, un sistema inmune adaptativo. En las bacterias

²² Cao, S. (2014). Cómo las armas genéticas afectarán el futuro de la guerra». Disponible en: <https://dossiergeopolitico.com>

y virus, se pueden emplear este sistema para cortar silenciosamente los genes virales de sus propios cromosomas. Esta es la inmunidad única de virus y bacterias. En el genoma de los mamíferos, el sistema CRISPR, se ha desarrollado con una tecnología de edición de genes eficiente y simple. Al igual que un gen «tijera» versátil, puede activar o silenciar ciertos genes al mismo tiempo, permitiendo la edición «masiva» de genes. Las agencias de inteligencia de los Estados Unidos han enumerado la «tecnología de edición genética CRISPR» como un arma potencial de destrucción masiva.

No obstante, esta tecnología todavía no se haya lo suficientemente desarrollada para su utilización como arma ya que podría producir un accidente, no solo en la manipulación en laboratorio, donde se desarrolla sino en el transporte y su uso, siendo por tanto un arma disuasoria.

Resta por debatir si las armas genéticas basadas en la mortalidad masiva y crónica de humanos y animales pueden ser usados en el combate real, y de darse semejante escenario, y a qué coste.

En la actualidad, la exploración humana de sus secretos biológicos es la punta del iceberg. (Autor: Cao Shiyang. Fuente: Chinese People Liberation Daily). Otra posibilidad que se estudia y analiza la creación de armas genéticas como bombas de tiempo, y utilizando la geingeniería para activar microorganismos modificados en un tiempo determinado, aprovechando la capacidad de las microondas.

Muchas bacterias se encuentran en un estado de latencia en la naturaleza y podrían ser dispersadas, en la fase latente y en cualquier parte del mundo. Bacterias que podrían ocasionar grandes epidemias y pandemias. En otras palabras, las armas genéticas se podrían programar como «bombas de tiempo» y la bomba regresiva podría durar hasta diez años.

A través de estas tecnologías, mediante el empleo de microondas que tuvieran un efecto rebote en la ionosfera y que estuvieran orientadas al lugar donde se encuentran dichas bacterias, aunque estuviesen a gran distancia, se podrían activar y no dejar señal sobre el autor de dicha operación.

Una vez activadas, las armas genéticas marcarán una gran diferencia en las guerras futuras como:

1. El modo de guerra cambiará ostensiblemente. Las partes hostiles podrán disponer y usar armas genéticas antes de

incoar acciones bélicas, destruyendo de manera mutua al personal y al ambiente de vida circundante, haciendo que una nación y un país pierdan la efectividad de combate y sean conquistados sin derramamiento de sangre.

2. La estructura de establecimiento militar se modificará. Las tropas de combate disminuirán ostensiblemente, mientras que las fuerzas de apoyo de servicios de salud aumentarán significativamente.
3. Se tenderá a un modo de integración de armas estratégicas y armas tácticas. El campo de batalla en el futuro se convertirá en un campo de batalla invisible, lo que dificultará comprender y controlar la situación del campo de batalla, y traerá nuevos temas y desafíos y dilemas a los responsables políticos, a la defensa militar y a la investigación médica militar.
4. Las armas genéticas desempeñarán un papel estratégico disuasorio, además de lograr objetivos militares sin movilizar a ni un solo soldado.

4. Armas étnicas o etnobombas

Son organismos biológicos letales capaces de elegir víctimas humanas por el origen étnico. Las técnicas utilizadas para su desarrollo están basadas en la biotecnología, bioingeniería y el campo genético y biológico. Son baratas y fáciles de conseguir y con una capacidad mortífera muy grande.

Estas armas biológicas podrían ser una de las nuevas amenazas del siglo XXI. La noción ilimitada de estas tecnologías en la guerra hace que la utilización de este tipo de armas se pueda utilizar sin ningún tipo de escrúpulos.

En el trabajo publicado de Guo Jiwei, un oficial del Ejército Popular de Liberación, médico y profesor de la Tercera Universidad Médica Militar China, titulado «La Próxima Bala», afirma que, «los estados multiplican sus esfuerzos con el objetivo de desarrollar, combinar y modificar armas biológicas, genéticas y étnicas que podrían barrer a toda la humanidad, conduciéndonos al borde del abismo, casi en consonancia con lo afirmado por Alvin Toffler»²³.

²³ Alvin, T. *The Shock of Future*. «El tiempo corre y nos aproximamos a un Hiroshima biológico».

Si hasta ahora las armas étnicas o etnobombas no han sido empleadas es debido a la falta de seguridad existente de que el propio atacante que las utiliza también se vea afectado. Sin embargo, en un periodo de diez años todas estas dudas estarán resueltas. Si en la última mitad del siglo XX las armas nucleares fueron la pesadilla, este tipo de armas biológicas serán las del siglo XXI.

Hace varios años que se afirmaba que Israel preparaba un arma étnica para poder atacar a los palestinos, y más tarde, el científico surafricano Wouter Basson, fue acusado de investigar el desarrollo de microorganismos destinados a asesinar selectivamente a la población de raza negra, debido a los conflictos étnicos que se estaban produciendo en la zona.

La muerte selectiva étnica estaba ya expresada, según la Biblia, al hablar de las plagas de Egipto y que los judíos debían marcar sus casas con sangre de cordero para que los ángeles exterminadores las distinguieran de sus víctimas y dieran muerte a los primogénitos egipcios. En la antigüedad era la forma de señalar la muerte étnica expresada al menos como un deseo. Hoy, esa señal se haya oculta en los genes que nos definen y que sirven para diferenciarnos como individuos pertenecientes a un determinado grupo.

Este tipo de tecnología puede constituir un serio problema debido a que no se puede saber quién y cuándo la están empleando y no pudiendo contrarrestar dicha amenaza. Porque, principalmente, tratan de localizar las diferencias genéticas caracterizadas de un grupo y poder manipularlas genéticamente para que un microorganismo ataque a un receptor celular específico de dicho grupo.

La secuencia completa del genoma humano permitiría tener acceso a más de un millón de llamados polimorfismos de un solo nucleótido (SNP). Se trata de pequeñas variaciones en la secuencia del ADN que determinan un comportamiento distinto del individuo que porta dicha diferencia. Algunos de los SNP identificados son específicos y más frecuentes en un grupo étnico determinado. Esta sería la hipótesis de crear agentes capaces de atacar selectivamente a individuos que portan en su carga genética ese polimorfismo.

Este tipo de armas tiene el problema de asegurar que la diferencia entre los grupos sea perfecta ya que las razas humanas son muy parecidas entre sí y el cruce entre ellas es frecuente. También el encontrar un patógeno con alta capacidad infecciosa

y que se adapte a las características que estamos buscando, es complicado, pero no imposible.

El desarrollo de armas biológicas se haya regulado por un convenio internacional: «Convención sobre Armas Biológicas y Toxinas», firmado en 1972 en Moscú y que se mantiene en vigor desde 1975.

Se sospecha que algunos de estos desarrollan programas para implementar este tipo de armas como, por ejemplo, China, Libia, EE. UU., Rusia, Corea del Norte, Irán, Irak, Egipto o Taiwán. También se conoce que Israel trabaja en este tipo de armas, aunque se traten de países no firmantes.

Aunque han sido celebradas varias reuniones del Convenio, con la finalidad de prohibir el desarrollo de microorganismos modificados genéticamente, no han conseguido ponerse de acuerdo en cuanto a los mecanismos de verificación y control, resultando muy poco útil.

5. Armas entomológicas

Parecía que la guerra del siglo XXI iba a ser principalmente tecnológica, pero el papel de la fauna continúa jugando un papel fundamental. La biotecnología puede utilizar como soldados a delfines, águilas, cazas, drones e insectos, como vectores o más disparatadamente como bombas. El límite lo marca la imaginación humana.

Según Plinio, los romanos creían que eran necesarios 27 agujonazos de avispa para aniquilar a un hombre, pero hoy conocemos que, si el sujeto es alérgico, el individuo puede perder la vida con una simple picadura.

Entre los animales más empleados en la antigüedad destacan los insectos de aguijón, que, no obstante, están referidos entre las diez plagas bíblicas desatas en Egipto. Estos artrópodos venenosos (abejas, escorpiones, avispas, etc.), aunque pequeños pueden ocasionar graves problemas sanitarios.

EE. UU. desarrolló un plan para ganar la guerra de Vietnam mediante el empleo de abejas asesinas y chinches, con la finalidad de hacer salir al enemigo de los túneles y se trataba de una tecnología basada en una feromona que las abejas emplean para marcar al sujeto víctima del ataque de todo el enjambre.

También los Vietcong emplearon en esa guerra —en la década de los años 60—, trampas repletas de abejas asiáticas (*Apis dorsata*) contra las tropas americanas, mediante la colocación de colonias de estas abejas con pequeños explosivos en aquellas rutas donde el enemigo iba a pasar, haciéndolas explotar a su paso. Los soldados americanos perdían la vida como consecuencia de las explosiones, más preferible que a morir lentamente como consecuencia de las picaduras de dichas abejas.

Este tipo de herramienta podía ser realmente interesante para ser empleada como arma bioterrorista ya que lanzar un ataque mediante enjambres de insectos infectados para esparcir la enfermedad mortal, resultaría devastador y más fácil que el empleo de las armas químicas y/o nucleares.

El transporte de insectos o de sus huevos, es más fácil de realizar sin ser detectados que aislar y suministrar agentes biológicos patógenos. Además, el riesgo es menor para quien los manipule.

La historiadora de ciencia antigua, Adrienne Mayor, nos cuenta en su último ensayo los casos más curiosos sobre la utilización de los animales a lo largo de la historia. Recuerda que, desde el año 1998, el Pentágono llevaba experimentando sobre «sistemas biológicos controlados» para la creación de armas basadas en la entomología y/o la zoología. Y no tan solo como armas de destrucción masiva, sino que continúa investigando en los laboratorios de DARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa), con el objetivo de entrenar abejas como biosensores en la detección de agentes bioquímicos o explosivos²⁴.

DARPA también ha estado desarrollando técnicas de modificación genética, de «biosistemas híbridos», para evitar algunas de las limitaciones que sufren los insectos. Por ejemplo, las abejas no se mueven cuando hace mucho frío, sin luz ni tormenta.

Con las modificaciones biotecnológicas, estos investigadores están desarrollando un insecto robot con antenas reales o rediseñar la estructura neuronal de las abejas reales.

Los más preocupantes serían aquellos que pueden ser empleados como vectores para la transmisión de enfermedades, principalmente,

²⁴ Mayor, A. Fuego griego, flechas envenenadas y escorpiones. Disponible en: <https://www.despertaferro-ediciones.com/revistas/numero/fuego-griego-guerra-quimica-y-biologica-en-la-antiguedad>

los artrópodos hematófagos responsables de la transmisión activa de un agente patógeno.

Desde el siglo XVII hasta principios del siglo XX, enfermaron y murieron muchas más personas debido a las infecciones transmitidas por picaduras de insectos que por todas las demás causas juntas²⁵.

En la II Guerra Mundial, los japoneses experimentaron en China, el único caso comprobado de guerra entomológica (EW), arrojar bombas de porcelana rellenas de insectos nocivos. Desde entonces el resto de las naciones dieron comienzo a sus propios programas de guerra entomológica (EW).

Las consecuencias del cambio climático sobre enfermedades transmitidas por vectores siguen siendo incierta. Nos preocupan seriamente las repercusiones directas sobre la salud de los seres vivos. El clima influye sobre los vectores de diversas maneras, desde el control de la duración de su ciclo de vida hasta sus condiciones de reproducción. Un ejemplo de ello podría ser el aumento de lluvias en las zonas húmedas que podría reducir la malaria al eliminar los mosquitos inmaduros, pero también los cambios de temperatura, que podrían tener un efecto opuesto dependiendo del lugar.

La utilización de insectos como arma biológica plantea un serio problema legal, ya que, al no estar claramente contemplada en la Convención de Armas Biológicas de 1972, provoca que los países y grupos terroristas interesados en su utilización tengan un espacio para desarrollar estas tecnologías.

Si la amenaza vectorial fuese utilizada por grupos terroristas, el efecto sorpresa en cuanto a la aparición de enfermedades emergentes como reemergentes, sería un serio problema ya que su detección es muy difícil y solo podríamos abordar el control de la misma, una vez que el problema se haya presentado y extendido.

6. Armas robóticas

Son las armas de guerra basadas en algoritmos para matar. Se trata de sistemas con capacidades para atacar y seleccionar objetivos bajo el control humano e incluso sin control alguno. Lo que significa que la toma de decisiones las emprende una máquina

²⁵ Gubler, D. (CDC). *A World Dengue Day; A call for action*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/362485545_World_Dengue_Day_A_call_for_action

cambiando de manera sustancial el desarrollo de la guerra. Otro de los términos por los que se conoce a este tipo de armas es LAWS (sistemas de armas autónomos letales). Nos encontraríamos en la tercera revolución bélica tras el descubrimiento de la pólvora y la bomba atómica.

En el área de la robótica y de la inteligencia artificial podemos referirnos a los drones militares puesto que ya llevan empleándose desde hace años, y en la guerra de Rusia-Ucrania están siendo utilizados de manera efectiva. Sin embargo, existe una amenaza poco visible y muy peligrosa como lo son los llamados «robots asesinos». Estos sistemas de armas ya son una realidad y los están explotando varios ejércitos modernos.

Las armas letales autónomas plantean algunos problemas jurídicos y éticos, por lo que la ONU se debería plantear también la siguiente cuestión: ¿debe esta organización prohibir o controlar de forma directa el desarrollo de estos sistemas de armas?

En Ginebra, contando con la participación de un total de 117 países de la Convención de Naciones Unidas, se quiso rubricar el «Tratado de Prohibición de Armas Inhumanas». El director de la sede europea de la ONU, Michael Moeller, tiene como objetivo impedir que suceda lo que pasó en la década de los 90, donde fue suspendida la utilización de las armas laser cegadoras tras conocer los efectos tan perniciosos para la salud que provocaban, y afirmó que: «El derecho internacional suele responder a las atrocidades y al sufrimiento una vez que ya ha ocurrido, sin embargo, ahora tenemos la oportunidad de tomar medidas preventivas».

Organizaciones y ONG de todo el mundo, encabezadas por Amnistía Internacional, exigieron la prohibición de este tipo de armas (Stop Killing Robots) por no existir una regulación internacional sobre la materia. Se desconoce el número que existen y operan en el mundo, pero lo que sí sabemos son los países que las están desarrollando: EE. UU., China, Israel, Taiwán, Corea del Sur, Reino Unido y Rusia²⁶.

Permitir que las maquinas tomen decisiones sobre la vida o la muerte de una persona, constituye un ataque directo a la dignidad

²⁶ Gil, I. *Conop 8888, el informe que demuestra que el Pentágono trabaja en el día después. El Confidencial*. Madrid. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2014-05-19/el-pentagono-ya-trabaja-en-el-escenario-del-dia-despues-del-colapso-civilizatorio_131710/

humana, y esto conllevará terribles violaciones de los derechos humanos (Amnistía Internacional).

El argumento militar de los países interesados se centra en que su empleo ofrece ventajas sobre el campo de batalla. Son precisos, no se cansan y actúan sin que interfieran sentimientos.

Este tipo de dispositivos se podrían acoplar a plataformas terrestres, aéreas y marítimas, siendo de fácil despliegue para su utilización.

7. Conclusiones

Las amenazas silenciosas son instrumentos que se vienen empleando para el control mental de las poblaciones y con la finalidad de manipularlas de manera teledirigida, consiguiendo así los fines de quien las utiliza.

Las armas sónicas, afectan de manera directa a las percepciones auditivas de los seres, ocasionando, según su intensidad, graves trastornos fisiológicos.

Las armas psicotrónicas afectan a las ondas electromagnéticas del cerebro ocasionando trastornos irreparables en la salud mental.

Hoy, la bioingeniería permite manipular el genoma humano y animal, obteniendo patógenos recombinados desconocidos, así como alteraciones étnicas propias de una única raza.

La utilización de la robótica podría ocasionar grandes problemas éticos que, a día de hoy, no están suficientemente controlados.

8. Bibliografía

Climate Adaptation. Summit. New York (EE. UU.), United Nations (UN). Disponible en: <https://www.un.org/es/food-systems-summit-2021-es/cumbre-internacional-en-l%C3%ADnea-sobre-la-adaptaci3n-clim%C3%A1tica>

Concepto One Health. Boehringer. Disponible en: <https://www.boehringer-ingelheim.es/innovacion/onehealth>

Fauci, A. S. 2004. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*. 430, pp. 242-249 Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature02759>

Gil, I. (2014). «Conop 8888», el informe que demuestra que el pentágono trabaja en el día después. *El Confidencial*. Madrid.

- Disponible en: https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2014-05-19/el-pentagono-ya-trabaja-en-el-esenario-del-dia-despues-del-colapso-civilizatorio_131710/
- (2014). Primero lo dijo la NASA y ahora la ONU: el colapso de la civilización está próximo. El Confidencial. Madrid. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2014-03-26/primer-lo-dijo-la-nasa-y-ahora-la-onu-el-colapso-de-la-civilizacion-esta-proximo_106883/
- Globalización. ¿Qué es la globalización? Disponible en: <https://www.significados.com/globalizacion>
- Gubler, D. (CDC). (2022). A World Dengue Day: A call for action. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/362485545_World_Dengue_Day_A_call_for_action
- Martín Otero, L. E. y Soteras Escartín, F. (2007). Red de laboratorios de alerta biológica (RELAB). Revista del Colegio Oficial de Veterinarios de Madrid. Año 16, n.º 65. Enero-marzo 2007, pp. 72-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3672649>
- Mayor, A. (2018). Fuego griego, flechas envenenadas y escorpiones. Disponible en: <https://www.despertaferro-ediciones.com/revistas/numero/fuego-griego-guerra-quimica-y-biologica-en-la-antiguedad>
- Suárez Larreinaga, C. L. y Verdasquera Corcho, D. (2000). Enfermedades emergentes y reemergentes: factores causales y vigilancia. Revista Cubana de Medicina General Integral. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262476156_Enfermedades_emergentes_y_reemergentes_factores_causales_y_vigilancia
- Spain One Health Summit 2022. (2022). Cumbre One Health en Madrid. Disponible en: <https://bamberghhealth.com/event/spain-one-health-forum-2022>
- Zoonosis. Vigilancia de zoonosis y resistencias antimicrobianas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/zoonosis-resistencias-antimicrobianas/zoonosis.aspx>

MODULO IV
MEDIDAS INSTITUCIONALES

Capítulo décimo

Seguridad nacional frente a la amenaza/riesgo biológico

Ricardo Valverde Ogallar

Resumen

Este capítulo explora la relación entre la seguridad nacional y los riesgos o amenazas biológicas. Analiza cómo ambos conceptos han aparecido en las sociedades modernas, cómo han evolucionado y en qué punto histórico han coincidido, dando ahí lugar a su tratamiento político-estratégico en las distintas estrategias de seguridad nacional.

Expone cómo los estados con esquemas político-estratégicos más avanzados optan por afrontar estos riesgos o amenazas de forma armonizada, independientemente de su origen, que puede ser natural, accidental o provocado.

Describe el tratamiento dado a la amenaza/riesgo biológico en las estrategias de seguridad nacional españolas a lo largo del tiempo. El análisis se extiende en el reflejo de estos riesgos/amenazas en la estrategia de seguridad vigente, fuertemente orientada por las lecciones aprendidas de la pandemia COVID-19.

Finalmente, revisa los medios de los que el Estado dispone para preservar la seguridad nacional en el ámbito biológico.

Palabras clave

Riesgo biológico, amenaza biológica, seguridad nacional, estrategia de seguridad nacional, no proliferación, Ley de Seguridad Nacional, DSN, armas de destrucción masiva, pandemias, epidemias, bioseguridad, biocustodia, NRBQ.

National security against biological threat/risk

Abstract

This chapter explores the relationship between national security and biological threats. To this end, it analyzes how both concepts emerge and evolve in modern societies and at what point in time they both converge, giving rise to their strategic-political treatment under the different national security strategies.

It shows how states with the most advanced political-strategic schemes choose to face these biological risks or threats in a harmonised manner, regardless of their origin, which may be natural, accidental or provoked.

Additionally, it describes the treatment given to the biological threat/risk under Spanish national security strategies and its evolution over time. The analysis extends further on the reflection of these risks/threats in the current Security Strategy —the ESN 2021— which is strongly guided by the lessons learned from the COVID-19 pandemic.

Finally, it reviews the means available to the State to preserve National Security in the biological field.

Keywords

Biological risk, biological threat, National Security, National Security Strategy, Nonproliferation, National Security Act, NSD, weapons of mass destruction, pandemics and epidemics CBRN.

1. Introducción

Analizar un riesgo/amenaza a la seguridad nacional es complicado. La aproximación a la «amenaza biológica» desde la perspectiva de la seguridad nacional es aún más intrincada.

Común al estudio de cualquier factor que afecte a la seguridad nacional, hay que observar que existe una rápida evolución del paradigma de la seguridad nacional. Actualmente, se busca una mayor protección que alcanza al bienestar de los ciudadanos¹. Además, se incluyen conceptos asociados a peligros más diversos, previendo nuevos desafíos interconectados e influidos por dinámicas de transformación².

Por otro lado, uno de los campos más dinámicos de la ciencia es la biología. Sus avances están expuestos no solo a posible uso militar, también a utilizaciones delictivas o terroristas a causa de la asequibilidad de la información.

Las lecciones aprendidas a partir de los efectos causados por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) son elementos a tener en cuenta. Es imposible afrontar la seguridad nacional sin enfrentar la posibilidad de crisis provocadas por pandemias o epidemias.

Partiendo de esa dificultad inherente al título del trabajo, el acercamiento a la «amenaza biológica» desde la seguridad nacional debe abarcar tanto las formulaciones realizadas en las estrategias a lo largo del tiempo, como la panoplia de riesgos/amenazas que analizan relacionadas con la biológica.

Tal como describe la *Estrategia de Seguridad Nacional 2021*:

«se acentúan las interconexiones entre los distintos riesgos y amenazas. [...] la interrelación entre ellos puede producir efectos en cascada, como ha ocurrido con la crisis generada por la pandemia³».

La amenaza biológica como concepto estratégico emana del riesgo asociado a la proliferación de armas de destrucción masiva. Esto nos llevará a repasar el tratamiento estratégico de la amenaza proveniente de políticas de defensa de algunos países, a pesar de la implantación de la Convención para la Prohibición de las Armas

¹ Ley 36/2015, de 28 de septiembre, de Seguridad Nacional. Art. 4.

² *Estrategia de Seguridad Nacional 2021*. Cap. 1, p. 24.

³ Real Decreto 1150/2021, de 28 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2021. Cap. 3. Riesgos y amenazas.

Biológicas y Tóxicas (CABT)⁴. Pero también será necesario realizar una aproximación a la utilización de agentes biológicos por grupos terroristas o crimen organizado; al riesgo/amenaza de pandemias o epidemias naturales; a los efectos del cambio climático y al riesgo de catástrofes biológicas accidentales.

2. Seguridad nacional, amenaza biológica. Evolución de conceptos

Tres elementos han preocupado al ser humano desde los albores de la historia, la defensa frente a ataques externos, la salud y la protección ante fenómenos naturales. La necesidad de afrontar esos peligros es base de la existencia de las sociedades y parte de su desarrollo. Si eso es cierto desde los primeros tiempos, con el nacimiento del concepto de nación-estado se desarrolla en términos relativamente similares a los actuales.

Autores como Hobbes o Locke⁵, coetáneos con la aparición de la «nación-estado»⁶, concurren en la idea del estado garante de seguridad.

Para Hobbes:

«Un estado ha sido instituido cuando una multitud de hombres convienen y [...], el objeto es vivir apaciblemente entre sí y ser protegidos contra otros hombres⁷».

La idea se asienta para permanecer en la historia como demuestra que Rousseau asuma que el pacto social implica que:

«Tan pronto como esta multitud se ha reunido en un cuerpo, no se puede ofender a uno de los miembros ni atacar al cuerpo, ni menos aún ofender al cuerpo sin que los miembros se resistan⁸».

Esa concepción de la sociedad ha evolucionado hasta los estados modernos, con mayores exigencias de seguridad que extendidas

⁴ Acerca de la CABT hay que seguir atendiendo la carencia de mecanismo de verificación. Cabe adelantar que IX Conferencia de Revisión de la CABT, a celebrarse en Ginebra (Suiza), tentativamente en noviembre de este 2022 mantiene el objetivo principal del *establecimiento de un Protocolo jurídicamente vinculante* por el que se establezca un mecanismo de verificación efectivo.

⁵ Locke, J. (2010). *Ensayo sobre el gobierno civil*. Buenos Aires. P. 145.

⁶ Nation-state: a form of political organization in which a group of people who share the same history, traditions, or language live in a particular area under one government.

⁷ Hobbes, T. (2011). *Leviatán o la materia, forma y poder de una república eclesiástica y civil*. Buenos Aires. P. 142.

⁸ Rousseau, J. J. (2010). *El contrato social*. Buenos Aires. P. 103.

a la protección de la vida cotidiana⁹, avanzando en paralelo al conocimiento de las enfermedades y al temor a su expansión.

Existen evidencias históricas de epidemias desde la peste de Atenas (430 a.C.), la de Siracusa (396 a.C.), la peste amarilla (550 d.C.) o la peste negra (1347-1352 d.C.), entre tantas otras. Todas han mostrado al ser humano la inconsistencia de la sociedad ante las enfermedades infecciosas.

El antecedente más grave y cercano en el tiempo, previo a la actual pandemia provocada por el COVID-19, fue la mal llamada gripe española (1918-1919), de ella, aun hoy, se pueden extraer lecciones¹⁰.

El Dr. Eduardo Costas Costas, pone en contexto el problema: desde que existe nuestra especie han vivido unos 110.000 millones de humanos, aproximadamente 85.000 millones han muerto por enfermedades infecciosas¹¹.

Una consecuencia de esas cifras y esa historia es el aprendizaje de la necesidad de protección ante enfermedades epidémicas. Pero un aprendizaje menos deseado es la utilización de esas enfermedades para conseguir ventajas sobre un oponente, como arma. Los ejemplos son innumerables y muy anteriores a que se observaran por primera vez los microorganismos¹².

No vamos a realizar un viaje en el tiempo para observar antiguos usos de agentes biológicos como arma¹³, ni la importancia histórica de las epidemias. Pero sí parece adecuado que, si hemos conseguido enlazar la necesidad del estado de proteger, con la capacidad de los elementos biológicos de «atacar», busquemos el punto donde ambas realidades se cruzan dando lugar a los enfoques modernos con los que los estados han reaccionado, incluyendo los riesgos biológicos entre sus desafíos.

Atendiendo a la amenaza biológica como efecto de un acto provocado: durante las dos guerras mundiales del pasado siglo XX se usaron agentes como el carbunco o el muermo. Como respuesta

⁹ Esta idea se desarrolla ampliamente en el *Plan Integral de Cultura de la Seguridad Nacional*.

¹⁰ Porras Gallo, M.ª I. *La gripe española (1918-1919)*. P. 202.

¹¹ Costas Costas, E. (2022). ¿Estamos comenzando el fin de los buenos tiempos con las enfermedades infecciosas? *La Nueva España*.

¹² Marquina Díaz, D.; Vicente Sánchez, J. y Santos de la Sen, A. ¿Qué son las armas biológicas? Un recorrido por su utilización a lo largo de la historia bélica. Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI).

¹³ Acerca de la evolución histórica del uso malintencionado de agentes biológicos, véase también el Módulo 1 de este cuaderno de estrategia (D. Marquina y J. Vicente).

a su peligrosidad, se aprobó el Protocolo de Ginebra (1925), firmado hoy por más de 130 países¹⁴ y se impulsaron avances en investigación, pero también indujo al desarrollo de programas de armas biológicas en muchos países.

Este desarrollo se ralentizó en 1972 con la Convención para la Prohibición de Armas Biológicas y Tóxicas (CABT). No obstante, la fe en su cumplimiento es escasa, basta ver que en apenas semanas el conflicto en Ucrania ha provocado mutuas acusaciones sobre posesión de armas biológicas. Por otra parte, se sospecha que media docena de países conservan capacidades biológicas ofensivas.

Otro factor de extrema importancia, que ha crecido en los últimos decenios, es la posibilidad de fabricación de armas biológicas por grupos terroristas o incluso por el crimen organizado.

Desde la perspectiva del riesgo biológico natural: a principios del s. XX se extendió la primera gran pandemia mundial contemporánea, la «gripe española», que mató a más de 50 millones de personas¹⁵. Con intervalo de cien años, se han producido las dos mayores pandemias modernas (gripe española y COVID-19), pero en ese lapso se han afrontado situaciones de riesgo creadas por SARS, gripe aviar, gripe A (2009), ébola o virus Zika.

La respuesta estratégica ha ido siempre por detrás.

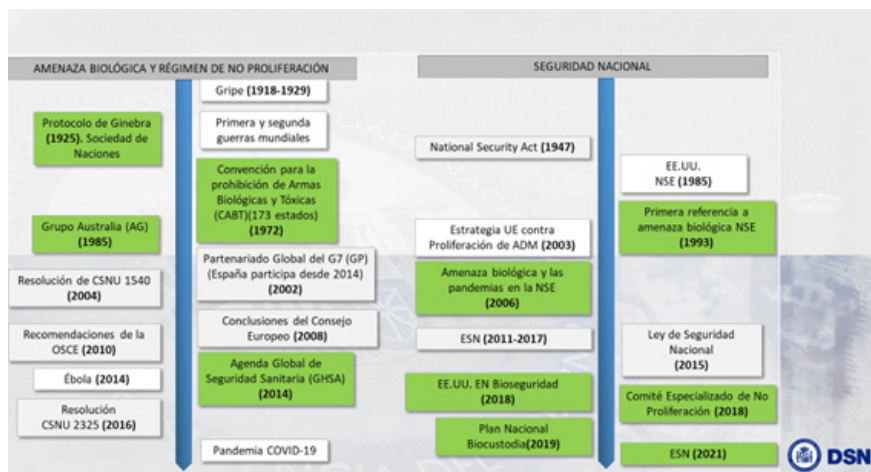


Gráfico 1. Evolución de la amenaza biológica, el régimen internacional de no proliferación y el concepto de seguridad nacional en lo referente a la amenaza/riesgo biológico

¹⁴ Acerca del Protocolo de Ginebra, véase la segunda parte de este módulo 4 del presente cuaderno de estrategia «Arquitectura de Seguridad internacional» (M. Hidalgo).

¹⁵ Porras Gallo, M.^a I. *Op. cit.*, pp. 8-10.

Tras la segunda gran guerra, toma forma la ya existente conciencia del estado garante de seguridad.

En 1947, en EE. UU., se aprobó la National Security Act (NSA)¹⁶, que tiene carácter exclusivamente militar, pero crea un órgano que sería trascendental para posteriores desarrollos, el National Security Council. Poco después se firmaba en Washington el Tratado del Atlántico Norte. Desde su creación, la OTAN desarrolló estrategias militares frente a la amenaza de la antigua URSS¹⁷.

Desde entonces se asocia la seguridad nacional al concepto de estrategia y se desarrollan las primeras estrategias de seguridad nacional norteamericanas. El término «estrategia», según la Real Academia de la Lengua Española, es «arte de dirigir las operaciones militares», por tanto, no es extraño que se eligiera para definir documentos que detectaban amenazas militares y planteaban objetivos y acciones para neutralizarlas.

En 1950 se redactó, bajo mandato del presidente Truman, la primera *National Security Strategy* (NSE)¹⁸. Como las inmediatamente posteriores, estaba dirigida a la preparación ante un enfrentamiento con la URSS.

En 1973 John M. Collins, publica *La gran estrategia. Principios y prácticas*, que difunde ideas modernas sobre la seguridad nacional y presenta la estrategia como «plan de acción para alcanzar un fin»: la seguridad del estado¹⁹.

En 1986 se aprueba en Estados Unidos la Ley Goldwater-Nichols, cuya finalidad era mejorar la coordinación de esfuerzos, siempre bajo una visión militar.

En ese contexto, ideas difundidas por Collins, existencia del NSA, experiencia de las primeras NSE y aprobación de la Ley Goldwater-Nichols; a partir de 1986, EE. UU. desarrolla las primeras estrategias de seguridad nacional de difusión abierta. En ellas la estructura de detección de riesgos y amenazas es similar en algunos puntos a las actuales. Estas estrategias iniciales aportaron un esquema simple pero eficaz, base de las posteriores.

¹⁶ *The National Security Act of 1947* (July 26, 1947). Public Law 253, 80th Congress.

¹⁷ Ballesteros Martín, M. Á. (2003). *Las estrategias de seguridad y defensa. Fundamentos de la estrategia para el siglo XXI*. Madrid. P. 25.

¹⁸ Disponible en: <https://irp.fas.org/offdocs/nsc-hst/nsc-68.htm>

¹⁹ Martínez Teixidó, A. *Enciclopedia del arte de la guerra*. P. 56.

Los métodos para la elaboración de estrategias son variados²⁰, coinciden en la necesidad de formularlas de forma lo más sistemática posible y con redacciones flexibles ante cualquier situación. El término «flexibilidad» es importante para cualquier propuesta de enfoque estratégico a la seguridad biológica dada la extensión difícilmente predecible en el tiempo y espacio de la amenaza y su origen: natural o provocado accidental o voluntariamente.

A finales de los 80 empieza a desarrollarse, más allá de la concepción militar propia de la «guerra fría», lo que podríamos denominar «cultura estratégica». Para Carlos Javier Díaz Sánchez, esa cultura estratégica proviene de las características geográficas de las naciones y de factores que las han llevado a ser lo que son: historia, mitos, demografía, sistema político, capacidad militar, etc.²¹. Esa idea de «cultura estratégica», ayuda a entender por qué las estrategias de seguridad nacional varían con el tiempo y arroja luz sobre el motivo de que hasta bien pasados los acuerdos de Malta, la amenaza biológica no se mencionara en ellas. En esos momentos, aprobada la CABT y con ella la implantación social de su rechazo, las potencias mantenían posturas «difusas» sobre estos agentes.

Los textos de las primeras estrategias²² no hacen referencia a las armas biológicas, aunque era conocida su disponibilidad. Esta circunstancia es llamativa si se considera que la NSE86, redactada once años antes de la entrada en vigor de la Convención de Armas Químicas (CAQ), atiende a los riesgos químicos, pero omite la amenaza biológica aunque la CABT procedía de 1972.

Hasta 1993 las estrategias norteamericanas mantienen un enfoque similar, admitiendo los cambios en la antigua URSS, continúan estudiando la amenaza de ataque nuclear por encima de cualquier otra. Sin embargo, en 1993 la estrategia²³ fue innovadora, incluía cuestiones medioambientales y dedicaba su capítulo V a la «seguridad a través de la fuerza». Incluía un punto dedicado a la «no-proliferación», aquí, además de atender preferentemente a la proliferación nuclear, citaba la proliferación

²⁰ Ballesteros Martín, M. Á. (2016). *En busca de una estrategia de seguridad nacional*. Madrid. P. 151.

²¹ Frías Sánchez, C. J. Perspectivas de la proliferación nuclear en Estados Unidos, Rusia y China. En: *Cuadernos de Estrategia*, 205. P. 24.

²² Un histórico de las estrategias de seguridad nacional estadounidenses se puede consultar en: <https://history.defense.gov/Historical-Sources/National-Security-Strategy/>

²³ Disponible en: <https://history.defense.gov/Portals/70/Documents/nss/nss1993.pdf?ver=Dulx2wRKDaQ-ZrswRPRX9g%3d%3d>

biológica y explicitaba que estos materiales podrían encontrarse «disponibles» en el mercado.

En los primeros años del siglo XXI se produce un cambio en las teorías que conforman el paradigma de la seguridad nacional que afecta a la propia comprensión del concepto. Parece implantarse la idea de que proporcionar seguridad, como objetivo del estado, no se limita a defender al estado de ataques externos, sino que requiere proporcionar seguridad a los ciudadanos y así asegurar el estado.

Junto a ese cambio se producen avances en el planteamiento estratégico contra la amenaza biológica. Se publica en 2003 la *Estrategia Europea contra la Proliferación de Armas de Destrucción Masiva*²⁴, que dice:

«va en aumento el potencial de uso indebido de la tecnología de doble uso [...], como resultado de la rápida evolución de las ciencias de la vida. Es especialmente difícil defenderse de las armas biológicas».

Ese mismo año la *Estrategia Europea de Seguridad* calificaba de «amenaza global» que nuevas enfermedades pudieran extenderse desde zonas en conflicto y se refería a enfermedades infecciosas como factores que acrecientan la posibilidad de ruptura de las sociedades.

Un año después se aprueba por el Consejo de Seguridad de la ONU, con impulso español, la Resolución 1540 (2004)²⁵, que da especial importancia a las armas biológicas al considerar el peligro de su posible utilización terrorista.

En los primeros años de este siglo el Régimen Internacional²⁶ de No Proliferación estaba desarrollado, en lo referente a la amenaza biológica, casi como lo está en estos momentos. Apenas habría que añadir la incorporación en 2014 de la Agenda Global de Seguridad Sanitaria.

²⁴ Disponible en: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15708-2003-INIT/es/pdf>

²⁵ Resolución 1540 (2004). Aprobada por el Consejo de Seguridad en su 4956.ª sesión, celebrada el 28 de abril de 2004.

²⁶ De acuerdo con la definición clásica del profesor Stephen Krasner (exdirector de la Oficina de Planificación Política del Departamento de Estado de Estados Unidos), un régimen internacional es un «conjunto de principios, normas, reglas y procedimientos de toma de decisiones alrededor del cual convergen las expectativas de los actores internacionales en un área temática determinada».

Krasner, S. (1985). *Structural Conflict. The Third World against Global Liberalism*. Pp. 13-36.

Sin embargo, las estrategias diseñadas para la seguridad nacional en países europeos, que tuvieran en consideración amenazas/riesgos biológicos, se redactaron a finales de la primera década del s. XXI. Ninguna afronta de forma conjunta los riesgos/amenazas biológicos naturales y provocados.

Esta evolución histórica, que afecta a conceptos estratégicos, los une con la seguridad nacional y proporciona base argumental al desarrollo del régimen internacional de no proliferación, tenía que reflejarse en las estrategias de seguridad nacional.

Como el concepto de seguridad nacional no ha dejado de evolucionar, es imprescindible clarificarlo para comprender cómo las nuevas formulaciones estratégicas enfocan el problema.

En palabras de Vicente Garrido (2008):

«El concepto de seguridad nacional ha experimentado cambios tan drásticos a lo largo de los últimos años que su análisis no se puede circunscribir al ámbito de los estudios estratégicos²⁷».

Como dice Ballesteros, el vocablo «seguridad nacional» comenzó a usarse en Yale poco antes de que se aprobara la NSA. Ballesteros cita una definición de seguridad nacional aportada por Lippmann en 1943 que merece la pena leer como referencia de los inicios y así comprender la evolución del paradigma que nos llevará a ver su concepción actual y que podrían buscar las futuras estrategias de seguridad nacional en este marco biológico.

«Una nación tiene seguridad cuando no tiene que sacrificar sus intereses legítimos para evitar la guerra y es capaz si se los desafía, de mantenerlos recurriendo a la guerra²⁸».

Este concepto militar se mantuvo hasta que la urgente necesidad planteada por la «Guerra Fría» dio paso a una visión que buscaba lo global y lo permanente, ya a principios del siglo XXI.

En esa línea, entre las muchas definiciones de «seguridad nacional», es destacable, y premonitoria, la que aportó Charles Maier:

«la capacidad de mantener bajo control esas condiciones domésticas o internacionales que la opinión pública de una

²⁷ Garrido Rebolledo, V. (2008). *En torno a la seguridad nacional*. Madrid.

²⁸ Citado por Ballesteros Martín, M. A. (2016). *En busca de una estrategia de seguridad nacional*. Madrid. P. 59.

determinada comunidad ve necesarias para poder gozar de autonomía o autodeterminación, prosperidad y bienestar²⁹».

Esta definición aporta las líneas básicas del concepto más moderno de seguridad nacional.

Las estrategias de defensa son antecedentes de las de seguridad nacional³⁰. Pero el desarrollo posterior a la NSE2006 de las estrategias de seguridad nacional europeas demuestra que la seguridad nacional trasciende los ámbitos clásicos defensa, seguridad pública o acción exterior.

Lo más adecuado para entender cómo afecta la amenaza/riesgo biológico a la seguridad nacional, es entender esta bajo el prisma que venimos comentando y que en España empieza a desarrollarse en 2011 con la *Estrategia Española de Seguridad*³¹. Ese mismo año, Javier Ignacio García decía:

«La estrategia pretende dar un salto cualitativo sobre esa aproximación tradicional a la seguridad...³²».

Podemos concluir, como dice el preámbulo de la Ley de Seguridad Nacional (2015) (LSN), que esta:

«Constituye la base sobre la cual una sociedad puede desarrollarse, preservar su libertad y la prosperidad de sus ciudadanos, y garantizar la estabilidad y buen funcionamiento de sus instituciones».

Parece obvio que la seguridad nacional tiene que enfocar más allá de la amenaza del uso perverso, intencionado, de material biológico. Si ha de ser «base sobre la que una sociedad puede desarrollarse», ¿cómo dejar de lado situaciones como la reciente pandemia? que, según el Banco Mundial, provocó que la actividad económica en 2020 se contrajera en el 90 % de los países, superando el número de naciones que experimentaron ese tipo de recesión durante dos guerras mundiales³³.

²⁹ Citado por Romm, J. J. (1993). *Defining National Security*. Nueva York, Council on Foreign Relations. P. 5.

³⁰ Ballesteros Martín, M. A. *En busca de una estrategia de seguridad nacional*. Op. cit., p. 45

³¹ Disponible en: https://www.cidob.org/es/publicaciones/serie_de_publicacion/monografias/monografias/la_estrategia_espanola_de_seguridad_ees_una_responsabilidad_de_todos#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20EES,acci%C3%B3n%20para%20responder%20a%20estos

³² Ignacio García, J. (2011). *La redefinición de la política española de seguridad y defensa para la segunda década del siglo XXI: borrón y cuenta nueva*. Madrid. P. 113.

³³ Banco Mundial. (2022). Informe sobre el desarrollo mundial 2022: finanzas al servicio de la recuperación equitativa. Cuadernillo del *Panorama general*. P. 1.

Viendo esos datos cabría mencionar la relación entre seguridad nacional y seguridad global³⁴. Dado que la seguridad global excede la capacidad de acción de cada gobierno, para conseguirla es necesario que los impulsos internacionales se basen en una previa consecución de objetivos de seguridad de cada nación. Dicho de otra forma, si la seguridad de cada estado ante pandemias hubiera sido más fuerte, hubiera sido más fácil el control global del COVID-19.

En el próximo epígrafe intentaremos acercarnos a cómo hoy las estrategias de seguridad nacional, o las de segundo nivel, afrontan el riesgo/amenaza biológica. Para ello, es conveniente clarificar lo que pretende conceptualmente una «estrategia». Según Ballesteros:

«La estrategia tiene un valor instrumental, no deja de ser una herramienta al servicio de la política, que define el camino a recorrer para alcanzar los fines y objetivos señalados...³⁵».

3. Estrategias de seguridad nacional ante riesgos/amenazas biológicas

Como hemos dicho, la evolución del paradigma de la seguridad nacional ha desembocado en una exigencia al estado, definida en LSN 2015, art.3:

«acción del Estado dirigida a proteger la libertad, los derechos y bienestar de los ciudadanos, a garantizar la defensa de España y sus principios y valores constitucionales, así como a contribuir junto a nuestros socios y aliados a la seguridad internacional...».

En el preámbulo, la ley aclara la responsabilidad del Estado:

«es responsabilidad de los poderes públicos dotarse de la normativa, procedimientos y recursos que le permitan responder con eficacia a estos desafíos a la seguridad».

Cualquier estrategia que pretenda dar cumplimiento a esa responsabilidad debe afrontar los riesgos/amenazas biológicas.

La crisis provocada por el COVID-19 ha reforzado esta idea y demostrado lo que algunos autores exponían con rotundidad. Antes de desencadenarse la pandemia, Mar Hidalgo escribía:

³⁴ Osisanya, S. (2020). National Security versus Global Security. *UN Chronicle*.

³⁵ Ballesteros Martín, M. A. (2008). En: Pereira, J. C. et al. *Diccionario de relaciones internacionales y política exterior*. Barcelona. P. 385.

«es imposible predecir cuándo, cómo y dónde se va a producir una pandemia, pero lo que sí se puede hacer es optar por la preparación³⁶».

La conveniencia del manejo estratégico de los riesgos/amenazas biológicas tiene respaldo técnico y científico, la nueva comprensión del concepto «seguridad nacional» y el desarrollo social así lo exigen. Sin embargo, pocas de las actuales estrategias les conceden un enfoque integral.

Entre las estrategias de países occidentales con mayor avance estratégico en la seguridad biológica, el mejor referente es el estadounidense.

El presidente Obama³⁷ calificó la epidemia de ébola (2014) como una amenaza para la seguridad nacional. El presidente Biden emitió las «Interim National Security Strategic Guidance»³⁸ (2021). Independientemente del momento político en el que fueron redactadas y de que previsiblemente serán revisadas por los acontecimientos en Ucrania, marcan líneas que serán seguidas en la esperada nueva estrategia de seguridad nacional norteamericana. El documento, al evaluar el «panorama de la seguridad global» enumera las mayores amenazas transfronterizas por este orden:

«Pandemias y otros riesgos biológicos, la escalada de la crisis climática, las amenazas cibernéticas y digitales, la economía internacional perturbaciones, crisis humanitarias prolongadas, extremismo violento y terrorismo, y la proliferación de armas nucleares y otras armas de destrucción masiva».

Entre las «prioridades» para la seguridad nacional considera la acción global, liderada por EE. UU., para luchar contra lo que denomina «catástrofes biológicas», incluyendo todo tipo de ellas:

«Revitalizaremos y ampliaremos la salud y la seguridad sanitaria mundial con iniciativas para que todas las naciones reduzcan el riesgo de catástrofes biológicas futuras, ya sean naturales, accidentales o deliberadas».

³⁶ Hidalgo García, M.^a del M. (2019). Las pandemias en las principales estrategias de seguridad. Monografía de varios autores *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*. Madrid. P. 79.

³⁷ García Vargas, J. *Op. cit.*, p. 29.

³⁸ Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/03/NSC-1v2.pdf>

La *US Biosecurity strategy*³⁹ de 2018 (mandato del presidente Trump), ya aportaba un enfoque novedoso con respecto a las anteriores, tal como describen Castro e Hidalgo⁴⁰:

«De forma tradicional, el término biodefensa había sido utilizado principalmente en el ámbito militar [...]. Sin embargo, tal y como se recoge en la estrategia, la biodefensa, en la actualidad, es un término con un carácter mucho más amplio que cubre todas las actividades necesarias para hacer frente a una amenaza biológica».

La *US Biosecurity strategy* de 2018 clasifica las amenazas (no diferenciando riesgo y amenaza), en: provocadas por causas naturales y provocadas por la acción del hombre, accidentales o deliberadas.

Es interesante reflexionar sobre estos planteamientos para entender cuál debería ser el enfoque de una estrategia española similar.

El documento británico «Global Britain in a competitive age»⁴¹ (2021), mantiene una estructura clásica en lo que se refiere a la incorporación de las amenazas biológicas a la seguridad nacional. Trata la materia bajo tres prismas:

- En la presentación del marco estratégico 2025 se refiere a la ingeniería biológica en busca de mayores avances y autonomía.
- En el capítulo que define desafíos, dedica un epígrafe a la proliferación de armas de destrucción masiva, entre ellas las biológicas y otro a los riesgos provenientes de agentes no estatales.
- Afronta las amenazas/desafíos biológicos procedentes de epidemias o pandemias separadamente, como un tema de salud y seguridad económica.

Sin embargo, la «Integrated Review of Security» (R.U.-2021)⁴² define bioseguridad como la protección frente a riesgos biológicos, ya sea que surjan naturalmente, por un accidente en ins-

³⁹ Disponible en: <https://www.phe.gov/Preparedness/legal/boards/nbsb/meetings/Documents/National-Biodefense-Strategy-508.pdf>

⁴⁰ Castro Torres, J. I. e Hidalgo García, M. (2018). *La nueva estrategia de bioseguridad estadounidense: previsiones para un futuro incierto*.

⁴¹ Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/975077/Global_Britain_in_a_Competitive_Age_the_Integrated_Review_of_Security__Defence_Development_and_Foreign_Policy.pdf

⁴² Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/global-britain-in-a-competitive-age-the-integrated-review-of-security-defence-development-and-foreign-policy/>

talaciones de laboratorio, o por una acción deliberada, ataque biológico.

También Reino Unido ha optado por la aprobación de una estrategia de segundo nivel, la «UK Biological Security Strategy»⁴³ (2018). En ella plantea la preparación y enfrentamiento a una situación crítica al mismo nivel sea cual sea su causa:

«Los brotes significativos de enfermedades están entre los riesgos de mayor impacto que enfrenta cualquier sociedad [...] Esto es cierto si ocurren naturalmente [...] o en el menos probable caso de una enfermedad causada por una liberación accidental en centros de investigación o instalaciones industriales, o como resultado de un ataque biológico deliberado».

Bajo esa visión integradora de objetivos la estrategia dedica una parte importante a la cooperación internacional, incluyendo la participación británica en acuerdos y organizaciones internacionales en los que España es un agente muy activo. Une objetivos en un mismo epígrafe, así garantiza una posición británica homogénea en organismos como: Organización Mundial de la Salud; Organización NN.UU. para la Alimentación y la Agricultura; Organización Mundial de Sanidad Animal; Agenda de Seguridad Sanitaria Global; CABT; Mecanismo del Secretario General de la ONU de Investigación de Presunto Uso de Armas Químicas y Biológicas; Partenariado Global del G7 contra la Propagación de Armas y Materiales de Destrucción Masiva; Grupo Australia o Iniciativa de Seguridad Sanitaria Mundial.

EE. UU. y Reino Unido, han sido referencia en la gestión político-estratégica de la seguridad nacional. Desafortunadamente, al menos hasta no hace mucho España no tenía una cultura histórica similar⁴⁴. Para mayor implantación social de ideas de seguridad nacional, el Plan Integral de Cultura de Seguridad Nacional⁴⁵ propone:

«... incrementar la cultura de seguridad nacional se convierte en una acción prioritaria del Gobierno de España».

global-britain-in-a-competitive-age-the-integrated-review-of-security-defence-development-and-foreign-policy#the-national-security-and-international-environment-to-2030

⁴³ Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/730213/2018_UK_Biological_Security_Strategy.pdf

⁴⁴ González Martín, A. (2021). *La exhortación de Tucídides*. Madrid.P. 79.

⁴⁵ Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9631>

El tratamiento político-estratégico del riesgo/amenaza biológica en España ha evolucionado poco desde 2011, al menos hasta la actual ESN 2021. La *Estrategia Española de Seguridad 2011* trataba los riesgos/amenazas biológicos bajo tres enfoques:

- Utilización de material NRBQ por grupos terroristas.
- Proliferación de armas de destrucción masiva.
- Entre los riesgos y amenazas derivados de emergencias y catástrofes.

La primera estrategia de seguridad nacional que entró en vigor fue la *ESN 2013*⁴⁶. Afrontaba el riesgo/amenaza biológica de forma similar a la de 2011.

No existía un tratamiento independiente de las pandemias, incluidas entre las emergencias y catástrofes. Entre las líneas estratégicas solo una iba dirigida a reducir riesgos biológicos: la adopción de planes de preparación y respuesta. Algo parecido se repite en la *ESN 2017*, pero desaparece en la 2021

En lo referente a la utilización intencionada de agentes biológicos, el capítulo dedicado a la proliferación de armas de destrucción masiva hacía referencia al uso por estados y a la utilización terrorista. Entre las líneas de acción proponía, además de la promoción del multilateralismo, la puesta en marcha de un «plan nacional de biocustodia», que se aprobó en 2019 y está pendiente de ser cumplimentado.

Podría haberse esperado algo más de la estrategia. El tratamiento dado al riesgo biológico fue considerado escaso por algunos autores, Nieva Machín hablaba en 2014 sobre la escasa consideración del riesgo y argumentaba en favor de remarcar su importancia:

«La toma de conciencia no alarmista sobre esta amenaza, así como el análisis técnico de la misma posibilitaría el desarrollo de capacidades preventivas y/o de reacción ante un ataque biológico»⁴⁷.

La *ESN 2017*⁴⁸ supuso un paso adelante. Mantenía una estructura similar, pero se consideran por primera vez como «desafío» independiente las pandemias o epidemias. Acertadamente, aso-

⁴⁶ Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/documents/seguridad_1406conna-vegacionfinalaccesiblepdf.pdf

⁴⁷ Machín Osés, N. (2014). *Las armas biológicas, perspectivas de futuro*. Madrid. P. 213.

⁴⁸ Real Decreto 1008/2017, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2017.

ciaba ese desafío con un cambio global que «está modificando la relación del ser humano con su entorno» y se ve afectado por el cambio climático.

También mantenía como amenaza la proveniente de la proliferación de armas de destrucción masiva, entre ellas las biológicas, con especial referencia al riesgo proveniente de agentes no estatales.

Al afrontar la descripción de lo que denomina «desafíos» y «amenazas», evitando el uso del término «riesgo», expone, capítulo IV, una definición que el tiempo muestra no muy acertada:

«Esta estrategia distingue entre amenazas, que comprometen o pueden socavar la seguridad nacional y desafíos, que sin tener de por sí entidad de amenaza, incrementan la vulnerabilidad...».

Osteriormente incluía las pandemias y epidemias entre los «desafíos», pareciendo indicar con ello que no tienen per se capacidad de comprometer la seguridad nacional.

La *ESN2017* consideraba cinco objetivos generales, entre ellos tres han ayudado a avanzar en la protección contra los riesgos biológicos: desarrollar el modelo integral de gestión de crisis; promover una cultura de seguridad nacional e impulsar la dimensión de seguridad en el desarrollo tecnológico, haciendo referencia a la biogenética.

Entre las líneas de acción hay distintas referencias al ámbito biológico. Resulta interesante resaltar una:

«Promover el desarrollo de un plan nacional genérico de preparación y respuesta ante riesgos biológicos...».

Este desarrollo no se ha materializado. La línea de acción ha desaparecido en la *ESN2021*.

Los avances y retos pendientes, tras años de planeamiento estratégico en España, se pueden entresacar de los informes anuales de seguridad nacional (IASN). El IASN 2021⁴⁹ muestra la preocupación del sistema tras la pandemia COVID-19:

«La cuestión que se plantea ahora es si habrá un retorno a la «normalidad» pre-pandémica [...] ¿qué ajustes o

⁴⁹ IASN 2021. (2022). Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

adaptaciones se han de hacer en el SSN para hacer frente a la nueva realidad?».

Efectivamente, la pandemia ha condicionado la redacción de la *ESN 2021* y en buena medida la propuesta de reforma de la LSN que se encuentra, en el momento de redactar estas líneas, en tramitación parlamentaria.

4. ESN 2021 ante riesgos/amenazas biológicas

La estrategia vigente⁵⁰ es innovadora en su concepción. Ofrece más respuestas horizontales y dinámicas que objetivos y líneas de acción concretas.

Este enfoque tiene ventajas e inconvenientes. Permite relacionar acciones diversas y objetivos horizontales. Pero se echan en falta líneas de acción para algunos riesgos y amenazas, abandona algunas planteadas por anteriores estrategias sin llegar a desarrollarlas, caso del plan nacional de riesgos biológicos planteado en 2017.

El ataque ruso a Ucrania ha constatado afirmaciones⁵¹ que realizaba la *ESN2021*, pero no la pudo condicionar dado que se produjo después de su publicación.

Basada en la realidad del momento, da atención prioritaria al contexto dibujado por la pandemia, dedica su *capítulo 1* a la «seguridad global y vectores de transformación». Los «vectores» son dinámicas globales que condicionan la evolución del entorno, condicionando riesgos y amenazas. Cita cuatro: contexto geopolítico, entorno socio-económico, transformación digital y transición ecológica.

Aunque el capítulo no hace referencia directa a la evolución de la amenaza/riesgo biológico, sí es evidente que este incide en características que conforman cada vector.

La competición geopolítica o el deterioro del multilateralismo, factores de descripción del «contexto geopolítico», tienen en el desarrollo del régimen de no proliferación uno de sus principales reflejos. En este momento de tensión, incrementada por la

⁵⁰ Real Decreto 1150/2021 de 28 de diciembre.

⁵¹ ESN21: «la posición cada vez más asertiva de Rusia ha tensionado sus relaciones con la Unión Europea, que [...]. España seguirá apostando por mantener el diálogo con Rusia». P. 43.



Figura 1.1. Seguridad global y vectores de transformación

Gráfico 2. Vectores de transformación considerados por la ESN21 y sus principales características (Fuente: ESN 21).

situación en Ucrania, el elemento de mayor importancia que se reflejará en el futuro próximo en el ámbito biológico será la dificultad de desarrollar en la IX Conferencia de Revisión de la CABT el objetivo de establecimiento de un protocolo jurídicamente vinculante que establezca un mecanismo de verificación efectivo.

La cooperación internacional en el marco de la salud posiblemente sufra menos las tensiones. No obstante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) también sufre la situación, tal como ha declarado el director general de la organización⁵², a raíz de los efectos sanitarios creados por la invasión y las acusaciones cruzadas sobre existencia de laboratorios. La hoja de ruta de la Agenda de Seguridad Sanitaria Mundial se verá menos afectada, Rusia no forma parte de misma.

En cuanto al entorno socio-económico. La recuperación económica tras la pandemia, las políticas proteccionistas y la fragilidad de la cadena de suministro global, serán asuntos que afectarán al reparto justo de medicamentos y acceso equitativo a vacunas.

⁵² Nota de prensa del director general de la OMS, Preocupación por la escalada de la crisis sanitaria en Ucrania. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/24-02-2022-who-director-general-deeply-concerned-over-escalating-health-crisis-in-ukraine>

Otro vector de transformación, la «transformación digital» se describe dando peso fundamental a tecnologías directamente relacionadas con la transformación digital. No obstante, tiene en consideración los avances tecnológicos en campos como la biotecnología, «que han facilitado el rápido desarrollo de vacunas contra la COVID-19, pero plantean interrogantes éticos ante actividades como determinados empleos de la ingeniería genética».

Este último es un plano poco definido en la *ESN21*, pero su consideración es importante porque abre la puerta a continuar trabajando bajo el paraguas del marco político-estratégico de referencia. Hay muchas líneas a considerar, algunas con una alta capacidad disruptiva como el desarrollo de técnicas de edición genética⁵³.

Finalmente, el cuarto «vector de transformación» identificado es la «transición ecológica», uno de los aspectos a seguir es el cambio climático.

Desde el comienzo de la pandemia, la influencia del cambio climático ha sido objeto de numerosos estudios. Pero esta interrelación era ya conocida⁵⁴. En los últimos cuarenta años, aproximadamente el 70 % de las enfermedades humanas proceden de animales salvajes. El impacto humano sobre los ecosistemas, unido al cambio climático, los debilita y facilita la propagación de patógenos, además, al aumentar el riesgo de contacto aumenta el de transmisión al ser humano.

El *capítulo 3*, definición de los riesgos y amenazas, presenta un «mapa de riesgos», en él aparecen pandemias y epidemias, catástrofes y emergencias y no proliferación. La estrategia pretende una buena definición/preparación ante amenazas híbridas y afronta el papel de las tecnologías, por ello, el mapa dibuja el grado de relación de ambos elementos con cada riesgo. Podría discutirse el escaso grado de correlación que se da a las pandemias o a la no proliferación con las nuevas tecnologías y amenazas híbridas.

La descripción de riesgos y amenazas, con la salvedad de buscar siempre su interrelación, es similar a anteriores estrategias. Son tres las que tienen relación directa con «lo biológico».

⁵³ Cique Moya, A. ¿Estamos más cerca del armagedón biológico? Madrid.

⁵⁴ Gozlan, R. E. y Jagadesh, S. (2020). Así influyen los cambios medioambientales en la aparición de nuevas enfermedades.

Los párrafos dedicados a pandemias y epidemias califican los efectos de la COVID-19 como «crisis». Este mismo calificativo refleja que la pandemia ha conformado una situación de máxima gravedad. De hecho, ha sido una de las dos únicas causas por las que España ha decretado el estado de alarma. En su momento se debatió la conveniencia de declarar la «situación de interés para la seguridad nacional». Cabe destacar el último párrafo:

«Un aspecto crucial que se ha puesto de manifiesto es la fragilidad de las cadenas de suministro global de determinados recursos estratégicos y la necesidad de disminuir el grado de dependencia del exterior de recursos esenciales».

Esta idea es fundamental en la redacción del anteproyecto de ley de modificación de la Ley de Seguridad Nacional⁵⁵ que actualmente continúa su tramitación y que, entre otras cosas, pretende garantizar que el Estado disponga de los recursos estratégicos necesarios para enfrentar riesgos y amenazas que afecten a la seguridad nacional.

El segundo riesgo relacionado con amenazas biológicas es el denominado «catástrofes y emergencias». La referencia se limita a accidentes, en el mismo plano de químicos o radiológicos. Este aspecto podría desarrollarse en el Sistema Nacional de Protección Civil⁵⁶, pero este desarrollo está pendiente.

Finalmente, la proliferación de armas de destrucción masiva es otra amenaza analizada. En el caso de la proliferación biológica el redactor ha entendido, y es el único caso en la estrategia, que se requería diferenciar esta amenaza de otros peligros procedentes de «lo biológico». Así, de las apenas cuatro líneas dedicadas a ella las dos primeras son: «La amenaza biológica, entendida como el empleo deliberado de agentes patógenos, toxinas o elementos genéticos u organismos genéticamente modificados dañinos». En este punto se hace la referencia a su posible utilización por «estados, individuos, redes criminales u organizaciones terroristas».

El capítulo 4 de la *ESN21*, «un planeamiento estratégico integrado», tiene una estructura novedosa. Establece objetivos y desarrolla un planeamiento basado en tres ejes estratégicos: proteger, promover, participar.

⁵⁵ Disponible en: <https://www.mpr.gob.es/servicios/participacion/audienciapublica/Paginas/apl-seguridad-nacional-informaci-n-p-blica.aspx>

⁵⁶ Ley 17/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil. Art 15.3.

Sin profundizar en ventajas e inconvenientes de ese diseño «en bloques», atendiendo exclusivamente a las líneas de acción (L.A.) propuestas, desde el enfoque de la seguridad biológica son de interés:

- Englobadas en el «primer eje» (proteger la vida de las personas):
- L.A.9, desarrollo del modelo de gestión de crisis para la mejora de capacidades.
- L.A.10, creación de una reserva estratégica.
- Ambos desarrollos se ven plasmados en el mencionado anteproyecto de ley de modificación de la Ley 36/2015 (título IV). Con carácter horizontal a cualquier ámbito, son fundamentales para el que nos ocupa.
- La L.A.11, «Modernizar el sistema de vigilancia nacional de salud pública [...]. La Estrategia Digital del Servicio Nacional de Salud incluirá medidas para mejorar la prevención, el diagnóstico, la vigilancia y la gestión de la salud...». Habrá que atender al desarrollo del anteproyecto de ley que prevé la creación de una Agencia Estatal de Salud Pública.
- Aunque no se refleja en una línea de actuación, se incluye la consolidación del Sistema Nacional de Protección Civil, según lo establecido en el Plan General de Emergencias de Protección Civil (PLAGEN)⁵⁷.

Encuadradas en el «segundo eje» (promover la prosperidad y el bienestar):

- L.A.20, promueve la modernización y la productividad del ecosistema industrial español. Referida a sectores estratégicos para la seguridad nacional, especifica su alineación con el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia que, al hablar de «proyectos transpirenaicos» dice:

«Francia y España apoyan el desarrollo de proyectos industriales europeos en el sector de la salud»⁵⁸.

Las L.A. 23 y 24 se refieren a promover mejor conocimiento de flujos migratorios y colaboración con países de origen. Estas

⁵⁷ Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Estatal General de Emergencias de Protección Civil. (2020).

⁵⁸ Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (2021). Madrid. P. 140.

mejoras facilitarían la preparación ante posibles epidemias en momentos de expansión.

El «tercer eje», (conseguir una España activa en los frentes y órganos internacionales) remarca el papel de los mecanismos de gobernanza global y del multilateralismo. España propone dar más capacidades a la OMS.

Entre las L.A. no se menciona la vertiente sanitaria. Sí se menciona, como en anteriores estrategias, la contribución y apoyo al régimen internacional de no proliferación (L.A. 27).

Dada la situación internacional, condicionada por el ataque ruso a Ucrania, y el nuevo enfoque estratégico de la OTAN (cumbre de Madrid, 2022), la situación del régimen pasa momentos delicados para avanzar en cualquier vertiente, también en la biológica. Es posible que la próxima reunión de la CABT permita sacar conclusiones. Las dificultades se han evidenciado en la última Conferencia de Revisión del TNP, (agosto 2022), finalizada sin acuerdo.

El *capítulo 5*, último de la estrategia, «El Sistema de Seguridad Nacional y la gestión de crisis», es de especial importancia. La experiencia de la crisis provocada por la COVID-19 ha sido fundamental para su redacción y la de la propuesta de modificación de la LSN 2015.

Aboga por un sistema de alerta temprana capaz de integrar y analizar la información disponible. En nuestro caso, esta misión estará apoyada por la Red de Laboratorios de Alerta Biológica (Re-Lab)⁵⁹. Participará el Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. El sistema puede verse revisado con la creación de una Agencia Nacional de Salud, en fase de anteproyecto de ley.

Es imprescindible mejorar las capacidades de intercambio de información entre los órganos técnicos del Sistema Nacional de Salud y los del Sistema de Seguridad Nacional (SSN), en particular el DSN, y establecer un sistema de indicadores basado en datos objetivos y evidencias científicas.

Este mismo capítulo promueve la realización de un catálogo de recursos en los sectores estratégicos, movilizables en caso de crisis. Debatir sobre la eficacia de los catálogos de recursos frente a

⁵⁹ Orden PCI/1381/2018, de 18 de diciembre, por la que se regula la Red de Laboratorios de Alerta Biológica «Re-Lab».

los de capacidades no es objeto de este trabajo, pero se deberá reflexionar sobre ello. En el marco estratégico y en el de la futura LSN se habla, además, de una «reserva estratégica basada en las capacidades nacionales de producción industrial» (RECAPI).

Es destacable el impulso a la redacción de planes de preparación y disposición de recursos, que se redactaran para escenarios que apruebe el Consejo de Seguridad Nacional (CSN), en base al análisis de riesgos y amenazas. Aunque no se refiere al caso, esta redacción podría ser un pilar donde asentar un proyecto de redacción una estrategia de segundo nivel de bioseguridad, del tipo británico o estadounidense.

5. Estructuras y medios en España

El SSN debe prevenir, detectar, dar respuesta, y promover el retorno a la normalidad y la posterior evaluación de las situaciones de crisis. Entendido así, la enumeración de las herramientas disponibles para afrontar riesgos/amenazas biológicos debe abarcar tanto medios preventivos y preparatorios, como los operativos, a efectos de seguridad nacional basta con el conocimiento de su existencia, y los mecanismos y órganos relacionados con la gestión, especialmente aquellos con funciones en gestión de crisis.

5.1. Medios operativos

Las unidades de emergencias sanitarias (112) en numerosas ocasiones tienen formación especializada NRBQ. Tanto Guardia Civil, SEDEX-NRBQ, (aproximadamente 2.500 efectivos), como Policía Nacional (Servicio TEDAX NRBQ) están capacitados para intervención rápida y dotados de medios para ello. Los cuerpos de seguridad autonómicos han desarrollado estructuras similares. Lo mismo ocurre con unidades de bomberos especialistas NBQ. Es destacable la capacidad del GIETMA de la UME, (140 efectivos) que dispone de laboratorio (LABIR) con capacidad de identificación confirmada química/biológica.

El Ministerio de Defensa ha desarrollado estructura para escenarios bélicos. La Escuela Militar de Defensa NBQ (formación y adiestramiento); el Regimiento de Defensa NBQ Valencia n.º1, con capacidad de activación en 24 horas y el Área de Defensa Biológica del INTA.

En palabras de la general Patricia Ortega (INTA), «no debe haber diferencia entre lo civil y lo militar en el ámbito de la defensa biológica». Es una afirmación acertadísima.

5.2. Órganos y organismos del SSN o con especial relación con el mismo

Los órganos del SSN definidos por la LSN⁶⁰ son competentes ante cualquier situación que afecte a la seguridad nacional, todos podrían considerarse aquí. Pero parece poco aclaratorio enumerar aquí las funciones genéricas de los órganos del SSN, enumeradas en la propia ley.

Ciñéndonos a la acción ante riesgos/amenazas biológicas, dejando aparte el caso de guerra, declaración del estado de sitio⁶¹, al CSN corresponde (art. 21 de la LSN) «dirigir y coordinar las actuaciones de gestión de situaciones de crisis». Según el art. 22, «La gestión de crisis es el conjunto ordinario de actuaciones dirigidas a detectar y valorar los riesgos y amenazas concretos para la seguridad nacional, facilitar el proceso de toma de decisiones y asegurar una respuesta óptima y coordinada de los recursos del Estado...».

La decisión política de declarar una situación de interés para la seguridad nacional u optar por un estado de alarma depende del momento y la valoración de las máximas autoridades. En cualquier caso, el SSN debe responder bajo cualquier situación.

El Comité Especializado de No Proliferación de Armas de Destrucción Masiva (CENP), presidido por el MAEUEC y con Secretaría Técnica en el DSN, es el órgano de apoyo al CSN⁶² en la materia de no proliferación⁶³. Tiene visión omnicompreensiva de los campos nuclear y radiológico, químico, biológico. En el seno del CENP existen grupos de trabajo.

⁶⁰ Según el art. 12 de la LSN: Las Cortes Generales, el Gobierno, el presidente del Gobierno, los ministros, el Consejo de Seguridad Nacional, los delegados del Gobierno en las comunidades autónomas y en las ciudades con estatuto de autonomía de Ceuta y Melilla, órganos competentes de las comunidades autónomas y de las ciudades con estatuto de autonomía de Ceuta y Melilla, los que correspondan según lo dispuesto en cada estatuto de autonomía y las autoridades locales.

⁶¹ Art. 32 de la Ley Orgánica 4/1981, de 1 de junio, de los estados de alarma, excepción y sitio.

⁶² Según el Art. 20 de la Ley de LSN 2015.

⁶³ Orden PRA/29/2018, de 22 de enero.

El Grupo de Trabajo Operativo de Biocustodia (GTOB), presidido por el Ministerio de Sanidad y con la Secretaría Técnica en el DSN, trabaja para conseguir la implementación del Plan Nacional de Biocustodia⁶⁴ (PNB), aprobado por el CSN.

El PNB pretende el desarrollo de las medidas necesarias que posibiliten una custodia efectiva de agentes biológicos relevantes, controlando su acceso, la protección de las instalaciones donde se manejen y su transporte. Prevé la creación de una Comisión Nacional de Biocustodia encargada del seguimiento del Plan Nacional. La puesta en marcha de esta comisión es función principal del GTOB. La previsiblemente futura Agencia Estatal de Salud Pública debería estar relacionada con la CNB.

Entre el resto de grupos de trabajo del CENP, con funciones relacionadas con la seguridad biológica, el Grupo de Trabajo de Interceptación pretende afrontar la posibilidad de desvíos de materiales de doble uso a programas de armas de destrucción masiva (ADM).

A caballo entre lo estratégico y lo operativo, la ReLab⁶⁵ desempeña sus funciones en lo relacionado con detección e identificación de agentes biológicos. Entre sus funciones, dar apoyo científico-técnico en crisis biológicas al Gobierno y restantes administraciones competentes como infraestructura científico-técnica especializada del SSN. Está compuesta por laboratorios de referencia en el ámbito de la microbiología. El DSN forma parte del Órgano de Dirección y Comité Técnico.

La Estrategia Nacional Contra el Terrorismo (2019) entre sus líneas de acción, propone «fortalecer las medidas de control sobre [...] sustancias NRBQ en los espacios comunes...» y los «sistemas de alerta temprana sobre sustancias NRBQ y materiales de doble uso».

La Estrategia Nacional de Protección Civil⁶⁶ y la Ley del Sistema Nacional de Protección Civil⁶⁷ hacen referencia a un Plan Especial ante Riesgos Biológicos (accidentes). Este plan no ha llegado a tramitarse.

⁶⁴ Orden PCI/168/2019 de 22 de febrero.

⁶⁵ Orden PCI/1381/2018, de 18 de diciembre, por la que se regula la Red de Laboratorios de Alerta Biológica «Re-Lab».

⁶⁶ Orden PCI/488/2019, de 26 de abril, por la que se publica la Estrategia Nacional de Protección Civil.

⁶⁷ Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil.

5.3. Ministerio de Sanidad

El Ministerio de Sanidad sostiene tres acciones en el marco de las ESN, frente a la necesidad de intervención ante un riesgo/amenaza biológico:

- Competencias en materia de legislación farmacéutica.
- Sanidad exterior.
- Coordinación estatal de la sanidad a través del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.

El Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES). Es importante para la coordinación entre Administración General del Estado y CC. AA. y colabora en el estudio de medidas para contener emergencias sanitarias. Su contacto permanente con el Departamento de Seguridad Nacional es una herramienta que se ha mostrado eficaz durante las situaciones provocadas, por ébola o COVID-19.

En el momento de redactar estas líneas, está en tramitación el anteproyecto de ley por la que se crea la Agencia Estatal de Salud Pública. Se ha fijado el objetivo de disponer de un sistema sanitario más robusto, flexible y resiliente, que afiance la sanidad pública como pilar esencial del estado del bienestar, por lo que podría convertirse en elemento imprescindible para la seguridad nacional, entre sus funciones, el anteproyecto marca la de contribuir a la preparación del sistema sanitario ante riesgos y amenazas para la salud pública y la coordinación técnica de la respuesta, en línea con lo previsto en la ESN y de forma coordinada con el SSN.

5.4. Mecanismos internacionales⁶⁸

La seguridad nacional, art. 3 de la LSN 2015, debe «...contribuir junto a nuestros socios y aliados a la seguridad internacional en el cumplimiento de los compromisos asumidos». Nuestra participación en mecanismos de la arquitectura internacional que afronta los retos/amenazas biológicos es componente trascendental de la seguridad biológica en el marco de la seguridad nacional.

⁶⁸ El «mapa de la biocustodia» profundiza en la participación española en estos mecanismos y organizaciones.

El Grupo de Acción Biológica (GRUPABI) presidido por el Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, coordina la posición de órganos de la Administración ante las organizaciones internacionales en materia de no proliferación biológica. El grupo, en el que participa el DSN, informa al CENP.

España es parte de la CABT y participa activamente en sus órganos de gobierno.

España apoya la labor del Mecanismo del secretario general de Naciones Unidas para la Investigación del Presunto Empleo de Armas Químicas, Biológicas o Toxínicas, que permite al secretario general iniciar una investigación sobre presunto uso de estas armas. España colabora proporcionando una lista de expertos y de laboratorios, además apoyo financiero.

España participa en la Agenda de Seguridad Sanitaria Mundial, junto a 48 países, organizaciones internacionales, sociedad civil y sector privado. Este foro impulsa la acción internacional para enfrentar amenazas biológicas de cualquier origen.

España participa en el Partenariado Global contra la Proliferación de Armas de Destrucción Masiva, en el ámbito del G7. Su objetivo es promover la adopción, implementación y fortalecimiento de tratados multilaterales y otros instrumentos, destacando la lucha contra amenazas biológicas.

Finalmente, España participa en el Grupo de Australia, régimen de control de exportaciones que combate la proliferación de armas químicas o biológicas.

En el ámbito de la UE, España participa en:

- Estrategia contra la proliferación de armas de destrucción masiva.
- Instrumento de la UE en pro de la estabilidad y la paz.
- Plan de acción para mejorar la preparación ante los riesgos de seguridad NRBQ.
- Comité de Seguridad Sanitaria.
- Consejo Asesor del Consejo: Grupo de Trabajo de No Proliferación (CONOP).
- Centros de Excelencia NRBQ.
- Centro Europeo de Prevención y Control de Enfermedades.

6. Nota final

España carece de estrategias de segundo nivel o planes que traten integralmente las amenazas biológicas, debería pensarse en afrontar esta carencia. Podría realizarse por dos vías:

- Mediante una estrategia de segundo nivel de no proliferación NRBQ. Otorgar a la futura Agencia Estatal de Salud Pública capacidades de planificación sobre amenazas biológicas naturales y desarrollar el Plan de protección civil contra riesgos biológicos. Las tres líneas se coordinarían en el marco del SSN.
- Mediante una estrategia nacional de seguridad biológica.

En cualquier caso, será especialmente importante observar el desarrollo de la futura Agencia Estatal de Salud Pública, y su integración en el SSN.

7. Bibliografía

- Arquitectura de seguridad internacional: ¿un proyecto en quiebra? (2017). Madrid, Ministerio de Defensa, IEEE.
- Arteaga, F. (2020). La gestión de pandemias como el COVID-19 en España: ¿enfoque de salud o de seguridad? Madrid, Real Instituto Elcano. Disponible en: <https://www.realinstituto-elcano.org/analisis/la-gestion-de-pandemias-como-el-covid-19-en-espana-enfoque-de-salud-o-de-seguridad/>
- Ballesteros Martín, M. Á. (2003). *Las estrategias de seguridad y defensa. Fundamentos de la estrategia para el siglo XXI*. Madrid, CESEDEN.
- (2008). Estrategia. En: *Diccionario de relaciones internacionales y política exterior*. Barcelona, Ariel.
- (2016). *En busca de una estrategia de seguridad nacional*. Madrid, Ministerio de Defensa.
- Banco Mundial. (2012). Informe sobre el desarrollo mundial 2022: finanzas al servicio de la recuperación equitativa. En: *Panorámica general*. Washington, Banco Mundial.
- Castro Torres, J. I. e Hidalgo García, M. (2018). La nueva estrategia de bioseguridad estadounidense: previsiones para un futuro incierto. Madrid, Ministerio de Defensa, IEEE. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2018/DIEEEI05-2018BiosegMMHG-NCT.pdf

- Cique Moya, A. (2019). ¿Estamos más cerca del armagedón biológico? Madrid, Ministerio de Defensa, IEEE. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2019/DIEEO112_2019ALBCIQ_Armagedon.pdf
- Costas Costas, E. (2022). ¿Estamos comenzando el fin de los buenos tiempos con las enfermedades infecciosas? *Diario de Ibiza*. 22 mayo. Disponible en: <https://www.diariodeibiza.es/salud/guias-de-saludro/2022/05/29/comenzando-fin-buenos-tiempos-enfermedades-infecciosas-66596174.html>
- ESPAÑA. (2012). Estructura orgánica básica. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Madrid, BOE. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/queEsCCAES/docs/estruMsssiRd2012.pdf>
- (2013). *Estrategia de Seguridad Nacional 2013*. Madrid, Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/documents/seguridad_1406connavegacionfinalaccesiblebpdf.pdf
 - (2015). *Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil*. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-7730>
 - (2015). *Ley Seguridad Nacional*. Madrid, BOE.
 - (2017). *Estrategia de Seguridad Nacional 2017*. Real Decreto 1008/2017, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2017. Madrid, Presidencia del Gobierno. Disponible en: https://www.dsn.gob.es/sites/dsn/files/Estrategia_de_Seguridad_Nacional_ESN%20Final.pdf
 - (2018). Orden PCI/1381/2018, de 18 de diciembre, por la que se regula la Red de Laboratorios de Alerta Biológica «Re-Lab». Madrid, BOE. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-17707
 - (2019). *Estrategia Nacional contra el Terrorismo 2019*. Madrid, Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes. 201p. Disponible en: file:///D:/Users/rvalverde/Downloads/Estrategia%20contra%20Terrorismo_SP.pdf
 - (2020). Resolución de 16 de diciembre de 2020, de la Subsecretaría, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 15 de diciembre de 2020, por el que se aprueba el Plan Estatal General de Emergencias de Protección Civil. Madrid, BOE. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-16349>

- (2021). *Estrategia de Seguridad Nacional 2021*. Madrid: Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Disponible en: https://www.dsn.gob.es/sites/dsn/files/ESN2021%20Accesible_1.pdf
 - (2021). Orden PCM/575/2021, de 8 de junio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 25 de mayo de 2021, por el que se aprueba el Plan Integral de Cultura de Seguridad Nacional. Madrid, BOE. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9631>
 - (2021). *Plan de recuperación, transformación y resiliencia*. Madrid, BOE.
 - (2021). *Mapa de la biocustodia*. Madrid, Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Disponible en: <https://www.dsn.gob.es/es/documento/mapa-biocustodia-2021>
 - (2022). Anteproyecto de ley de modificación de la Ley 36/2015, de 28 de septiembre, de Seguridad Nacional. Madrid, Ministerio de la Presidencia. <https://www.mpr.gob.es/servicios/participacion/audienciapublica/Paginas/apl-seguridad-nacional-informacion-publica.aspx>
- Estados Unidos de América. (2018). *National Biodefense Strategy*. Washington, The White House. Disponible en: <https://www.phe.gov/Preparedness/legal/boards/nbsb/meetings/Documents/National-Biodefense-Strategy-508.pdf>
- (2021). *Interim National Security National Guidance*. Washington, The White House. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/03/NSC-1v2.pdf>
- Frías Sánchez, C. J. (2020). *Perspectivas de la proliferación nuclear en Estados Unidos, Rusia y China. La no proliferación y el control de armamentos nucleares en la encrucijada*. Madrid, Ministerio de Defensa. IEEE.
- The Future of CBRN. The Hague Centre for Strategic Studies. Future Issue*. (2010). La Haya: Future.
- García Vargas, J. (2019). *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*. Madrid, Ministerio de Defensa, IEEE.
- Garrido Rebolledo, V. (2008). *Entorno a la seguridad nacional. Política exterior*. Madrid, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado.

- Global Britain in a competitive age. (2021). *The Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy*. London, HM Government. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/975077/Global_Britain_in_a_Competitive_Age-the_Integrated_Review_of_Security__Defence__Development_and_Foreign_Policy.pdf
- González Martín, A. (2021). La exhortación de Tucídides. En: *Boletín del IEEE*. N.º 22. Madrid, IEEE. Ministerio de Defensa.
- Gozlan, R. E. y Jagadesh, S. (16 febrero 2020). Así influyen los cambios medioambientales en la aparición de nuevas enfermedades. *The Conversation*. Disponible en: <https://theconversation.com/asi-influyen-los-cambios-medioambientales-en-la-aparicion-de-nuevas-enfermedades-131778>
- Hidalgo García, M.^a del M. (2019). Las pandemias en las principales estrategias de seguridad. En: *Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad*. Madrid, Ministerio de Defensa, IEEE.
- Histórico de las estrategias de seguridad nacional estadounidenses*. (2020). Washington, Secretary of Defense. Disponible en: <https://history.defense.gov/Historical-Sources/National-Security-Strategy/>
- Hobbes, T. (2010). *Leviatán o la materia, forma y poder de un república eclesiástica y civil*. Buenos aires, Losada.
- Ignacio García, J. (2011). La redefinición de la política española de seguridad y defensa para la segunda década del siglo XXI: borrón y cuenta nueva. En : *UNISCI. Discussion Papers*. UNISCI. Disponible en: <http://www.unisci.es/>
- Informe anual de seguridad nacional 2021*. (2022). Madrid, Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Disponible en: https://www.dsn.gob.es/sites/dsn/files/ACCESIBLE%20IASN2021_0.pdf
- Krasner, S. (1985). *Structural Conflict. The Third World against Global Liberalism*. Berkeley, University of California Press.
- Locke, J. (2010). *Ensayo sobre el gobierno civil*. Buenos Aires, Losada.
- López-Muñoz, F. et al. (2021). Amenazas biológicas intencionadas. *Revista Española de Defensa*. N.º 383. Mayo 2021.
- Machín Osés, N. (2014). Las armas biológicas, perspectivas de futuro. En : *UNISCI Discussion Papers*. N.º 35. Disponible

- en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-72481/UNISCIDP35-10MACHIN.pdf>
- Marquina Díaz, D. *et al.* (2020). ¿Que son las armas biológicas? Un recorrido por su utilización a lo largo de la historia bélica. *The Conversation*. Disponible en: <https://theconversation.com/que-son-las-armas-biologicas-un-recorrido-por-su-utilizacion-a-lo-largo-de-la-historia-belica-136852>
- Marquina Díaz, D.; Vicente Sánchez, J. y Santos de la Sen, A. (2021). ¿Qué son las armas biológicas? Un recorrido por su utilización a lo largo de la historia bélica. *Cultura científica*. Madrid, UCM. Disponible en: <https://www.ucm.es/otri/noticias-que-son-las-armas-biologicas-un-recorrido-por-su-utilizacion-a-lo-largo-de-la-historia-belica>
- Martínez Teixidó, A. (2001). *Enciclopedia del arte de la guerra*. Barcelona, Planeta.
- National Security Estrateg of the United States. (1993). Washington, Secretary of Defense. Disponible en: <https://history.defense.gov/Portals/70/Documents/nss/nss1993.pdf?ver=Dulx2wRKDaQ-ZrswRPRX9g%3d%3d>
- Nation-state: a form of political organization in which a group of people who share the same history, traditions, or language live in a particular area under one government. (2022). En: *Thesaurus Merriam Western*. Disponible en: <https://www.merriam-webster.com/thesaurus/nation-state>
- The National Security Act of 1947*. (1947). Washington, Secretary of Defense. Disponible en: <https://global.oup.com/us/companion.websites/9780195385168/resources/chapter10/nsa/nsa.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2004). Resolución 1540 (2004). Aprobada por el Consejo de Seguridad en su 4956.^a sesión, celebrada el 28 de abril de 2004. Disponible en: [https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1540%20\(2004\)&Lang=S](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=S/RES/1540%20(2004)&Lang=S)
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Nota de prensa del director general de la OMS «preocupación por la escalada de la crisis sanitaria en Ucrania». Disponible en <https://www.who.int/es/news/item/24-02-2022-who-director-general-deeply-concerned-over-escalating-health-crisis-in-ukraine>
- Porras Gallo, M.^a I. (2020). *La gripe española (1918-1919)*. Barcelona, Libros de la catarata.

Romm, J. J. (1993). *Defining National Security*. Nueva York, Council on Foreign Relations.

Rousseau, J. J. (1998). *El contrato social*. Madrid, Alianza.

Segun, O. (2020). *National Security versus Global Security*. Nueva York, Naciones. Disponible en: <https://www.un.org/en/chronicle/article/national-security-versus-global-security>

UK Biological Security Strategy. (2018). London, HM Government. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/730213/2018_UK_Biological_Security_Strategy.pdf

Capítulo undécimo

La arquitectura de seguridad internacional frente a la amenaza biológica: la necesidad de avanzar

María del Mar Hidalgo García

Resumen

El fortalecimiento de la arquitectura de seguridad mundial para hacer frente a la amenaza biológica es vital en un momento en que algunos estados —y agentes no estatales— podrían tratar de adquirir, desarrollar o utilizar capacidades en materia de armas biológicas tras comprobar el poder disruptivo generado por la COVID-19.

Existe consenso a la hora de señalar que la proliferación de armas biológicas es una de las principales amenazas para la seguridad internacional. Pero lo que no parece tan claro, es que los estados y las organizaciones internacionales estén de acuerdo a la hora de dar respuestas concretas para afrontar este peligro. La novena conferencia de los estados parte de la Convención para la prohibición de armas biológicas y toxinas (CABT) se presenta como una oportunidad crítica para reforzar la convención y evitar el uso malintencionado de agentes biológicos y toxinas y, también, para promover el uso pacífico de los avances científicos y tecnológicos que se desarrollen en el campo de la biología y de las ciencias de la salud.

Palabras clave

CABT, armas biológicas, proliferación, UNSGM.

The international security architecture against the biological threat: The need to move forward

Abstract

Strengthening the global security architecture to deal with the biological threat is vital at a time when some states –and non-state actors– could seek to acquire, develop or use biological weapons capabilities after seeing the disruptive power generated by COVID-19.

There is consensus when pointing out that the proliferation of biological weapons is one of the main threats to international security. But what does not seem so clear is that states and international organizations agree when it comes to giving concrete responses to face this danger. The Ninth Conference of the States Parties to the Convention for the Prohibition of Biological Weapons and Toxins (BTWC) is presented as a critical opportunity to strengthen the Convention and prevent the malicious use of biological agents and toxins and, also, to promote the use peaceful of the scientific and technological advances that are developed in the field of biology and health sciences.

Keywords

BTWC, biological weapons, proliferation, UNSGM.

1. Introducción

La pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la amenaza que representan las enfermedades infecciosas para el crecimiento económico, la estabilidad social y política, así como para la seguridad mundial.

Nos enfrentamos a un riesgo creciente relacionado con las enfermedades infecciosas, ya sean de origen natural, accidental o intencionado. En relación a este último caso, a la amenaza del posible uso por parte de los estados, hay que añadir el interés de los agentes no estatales en hacer un uso malintencionado de agentes biológicos, que podría tener unas consecuencias más devastadoras.

La rápida convergencia entre la tecnológica y las ciencias de la salud aumentan el espectro de amenazas biológicas debido al riesgo existente de su carácter de doble uso. En un momento en que la ingeniería genética y la biología sintética contribuyen a aumentar el riesgo de ataques biológicos, se necesitan nuevas herramientas y métodos de análisis de riesgos para identificar rápidamente las epidemias no naturales (Raina MacIntyre, 2018)¹.

Una amenaza biológica no respeta fronteras internacionales y puede propagarse rápidamente por todo el mundo. Por ello, se requieren esfuerzos a nivel local, nacional y mundial para prevenir, mitigar y controlar el riesgo de amenaza biológica. Hoy en día, ningún estado puede enfrentarse por sí solo a esta amenaza sino que debe ser abordada de forma colectiva, formando parte de las organizaciones supranacionales, apoyando y adoptando las diferentes medidas que se tomen en los regímenes y acuerdos internacionales y estableciendo mecanismos de cooperación.

2. La arquitectura internacional de seguridad frente a la amenaza biológica

El fortalecimiento de la seguridad mundial es vital en un momento en que algunos estados —y agentes no estatales— podrían tratar de adquirir, desarrollar o utilizar capacidades en materia de armas biológicas tras comprobar el poder disruptivo generado por la COVID-19.

¹ Raina MacIntyre, C. et al. (2018). Converging and Emerging Threats to Health Security. *Environment systems & decisions*. V. 38,,2, pp. 198-207. doi: 10.1007/s10669-017-9667-0

Desde comienzos del siglo XX, se han desarrollado tratados internacionales para evitar el uso de armas químicas y biológicas en conflictos. Entre ellos, cabe mencionar la Convención de La Haya (IV) de 1907 relativa a las leyes y costumbres de la guerra terrestre y el Protocolo de Ginebra de 1925 que prohibía el uso de sustancias asfixiantes, venenosas u otros gases, así como el uso de métodos bacteriológicos de guerra². Sin embargo, el Protocolo de Ginebra no prohibía el desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas químicas y/o biológicas.

Poco después de la Segunda Guerra Mundial, las Naciones Unidas pidieron la eliminación de todas las armas que pudieran ser utilizadas como armas de destrucción masiva entre las que se incluían, además de las nucleares, las químicas y las biológicas. Durante las décadas siguientes tuvieron lugar varios debates no solo para tratar prohibición de este tipo de armas sino también las propuestas de desarme.

Finalmente, ante el peligro que suponía la proliferación creciente de las armas de destrucción masiva, se fueron aprobando sucesivamente los convenios que a día de hoy forman la piedra angular del régimen de no proliferación y que son el Tratado de no proliferación nuclear (TNP), firmado en 1968 y que entró en vigor en 1970; le siguió la Convención de Armas Biológicas y Toxínicas (CABT) en 1975 y por último, la Convención de Armas Químicas (CAQ) en 1997.

Para fortalecer esta arquitectura de seguridad, que se iba creando para evitar la proliferación de armas de destrucción masiva, también se empezaron a desarrollar controles de exportación. Estos controles son un instrumento esencial para el fortalecer los regímenes de no proliferación, pues dificultan el acceso a los materiales y a la tecnología para desarrollar programas de armas de destrucción masiva retrasando su desarrollo y elevando el coste de las adquisiciones³.

En relación a las armas biológicas, cabe destacar el Grupo de Australia, creado en 1985. El principal objetivo del Grupo de Australia es garantizar que las exportaciones de determinados productos químicos, agentes biológicos e instalaciones y equipos

² Cabe destacar que en el Protocolo de Ginebra de 1925 se habla de armas bacteriológicas ya que no se conocían en aquel momento otro tipo de agentes biológicos. Ahora es más correcto hablar de armas biológicas y no de armas bacteriológicas.

³ https://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE_153_Proliferacion_de_AD-M_y_Tecnologia_Avanzada.pdf

de fabricación de estos productos no contribuyan a la proliferación de armas biológicas y químicas. Para ello, los países integrantes del grupo armonizan medidas nacionales de concesión de licencias de exportación. En la actualidad el grupo está constituido por 42 países además de la Unión Europea⁴.

Desde su creación hasta la actualidad, el grupo ha ampliado las listas de control elaboradas para incluir tecnologías y equipos que podrían utilizarse en la fabricación o eliminación de armas químicas y biológicas. Los participantes fomentan un enfoque cooperativo para fortalecer los acuerdos de no proliferación existentes, sin dejar de facilitar el comercio legítimo de materia de doble uso.

En la 35.ª reunión plenaria del Grupo de Australia celebrada en París del 4 al 8 de julio de 2022⁵ los participantes tomaron una serie de medidas para fortalecer la seguridad relacionada con la amenaza biológica y química. Entre estas medidas cabe mencionar:

- Destacar la importancia de prevenir las transferencias de tecnología intangibles no autorizadas (ITT, por sus siglas en inglés).
- Actualización de la información relacionada con la rápida evolución de las tecnológicas de doble uso.
- Reforzar el valor del compromiso y la divulgación con la industria y el mundo académico para mejorar la comprensión del impacto y el ritmo de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos.
- Establecer un mecanismo de evaluación conjunta para mejorar la seguridad de la biotecnología.
- La inclusión de nuevos elementos a las listas de control del AG en respuesta a las amenazas emergentes y la eliminación de elementos donde ya no eran apropiados.
- Divulgar el impacto de los desarrollos científicos y tecnológicos en el sector de la industria y el mundo académico para mejorar la comprensión de relación con la seguridad nacional e internacional.

⁴ <https://www.dfat.gov.au/publications/minisite/theaustraliagroupnet/site/es/origenes.html>

⁵ <https://www.dfat.gov.au/publications/minisite/theaustraliagroupnet/site/en/2021-ag-plenary-statement.html>

2.1. Los atentados de 2001: una vuelta de tuerca a la amenaza biológica

Los atentados terroristas del 11 de septiembre de 2001 y el posterior envío de sobres con ántrax marcaron una nueva forma de ver las amenazas a la seguridad internacional puesto que el terrorismo internacional se había convertido en el protagonista principal que amenazaba la paz y la estabilidad mundial. De esta forma, se puso de manifiesto la necesidad de reforzar la colaboración internacional para hacer frente a esta amenaza, que si bien no era nueva, sí había alcanzado un matiz mucho más preocupante, debido a su poder de destrucción indiscriminado y a su carácter impredecible. La posibilidad de que los terroristas pudieran hacer uso de armas nucleares, biológicas, químicas o radiológicas para cometer atentados se convirtió en una de las principales amenazas a la seguridad y la paz internacionales.

2.1.1. La Alianza mundial «Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction (GPWMD)»

En la cumbre del G8 (G7 + Rusia) en Kananaskis de junio de 2002, se adoptó la iniciativa «Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction (GPWMD)»⁶, con el propósito de establecer una serie de medidas para prevenir que los terroristas o aquellos que los respaldan pudieran adquirir este tipo de armas así como la tecnología y el equipamiento asociados. Veinte años después de su creación esta alianza se ha convertido en uno de los principales mecanismos de reducción de la amenaza de armas de destrucción masiva, entre las que se incluyen, como ya se ha comentado, las biológicas. El GPWMD incluye cuatro subgrupos de trabajo, que facilitan el diálogo regular entre expertos sobre las prioridades temáticas. Estos cuatro subgrupos son:

- Grupo de trabajo de seguridad biológica (BSWG).
- Grupo de trabajo sobre seguridad química (GTCC).
- Grupo de trabajo NRBQ (CBRNWG).
- Grupo de trabajo de seguridad nuclear y radiológica (NRWSG).

⁶ <https://www.gpwmd.com/>

Por lo que respecta al grupo de trabajo de seguridad biológica (BSWG)⁷, su objetivo principal es crear la capacidad mundial para prevenir, detectar y responder a las amenazas biológicas deliberadas de una forma coherente con otras iniciativas y convenciones internacionales como la Convención de Armas Biológicas y Toxínicas (CABT) y el Programa de Seguridad Sanitaria Mundial (GHSA).

En 2018, los miembros de BSWG acordaron los siguientes objetivos y prioridades:

1. Asegurar y contabilizar los materiales que representan riesgos de proliferación biológica.
2. Desarrollar y mantener medidas apropiadas y efectivas para prevenir, preparar, detectar e interrumpir el uso indebido deliberado de agentes biológicos.
3. Fortalecer las capacidades nacionales e internacionales para identificar, confirmar/evaluar y responder rápidamente a los ataques biológicos.
4. Reforzar y fortalecer la convención sobre las armas biológicas y toxínicas y otras obligaciones, principios, prácticas e instrumentos de desarme biológico y no proliferación.
5. Reducir los riesgos de proliferación biológica mediante el avance y la promoción de conductas seguras y responsables.

Para avanzar en sus objetivos de bioseguridad y reducción de amenazas biológicas, el GPWMD también está implementando una nueva iniciativa para mitigar las amenazas biológicas en África⁸.

2.1.2. La UE

En 2003, el Consejo Europeo adoptó la «Estrategia contra la proliferación de armas de destrucción masiva»⁹ en la que se reconoce que la proliferación de este tipo de armas es una amenaza creciente para la paz y la seguridad internacional. Posteriormente, con el propósito de mejorar la implantación de esta estrategia, el 17 de diciembre de 2008 el Consejo de la UE adoptó un

⁷ <https://www.gpwmd.com/bswg>

⁸ <https://www.gpwmd.com/africa-signature-initiative>

⁹ <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST%2015708%202003%20INIT/EN/pdf>

documento titulado «New lines for action by the European Union in combating the proliferation of weapon of mass destruction and their delivery systems» para intentar convertir la no proliferación de este tipo de armas en una prioridad en las políticas de la UE y de sus estados miembros. Para mejorar su eficacia, las medidas para la no proliferación deberán tener en cuenta los siguientes principios:

- Fortalecimiento de los regímenes de no proliferación, mediante la universalización y al completo cumplimiento de los tratados y acuerdos internacionales existentes.
- Acciones resolutivas para hacer frente a las crisis de proliferación y la implantación de las resoluciones de la ONU.
- Cooperación efectiva para la lucha contra el tráfico de este tipo de armas.

En los aspectos internos de la mitigación de las amenazas NBQR (nuclear, radiológica, química y biológica) en 2009 se presentó el Plan de Acción NRBQ con el objetivo de reducir la amenaza y el daño de los incidentes NBQR a los ciudadanos de la Unión Europea, que implicará a todos los interesados, incluidos los representantes de la industria¹⁰. El plan de acción prevé tres ámbitos principales de tareas de seguridad NRBQ:

- Prevención: dificultar al máximo posible el acceso no autorizado a los materiales NBQR.
- Detección: poseer la capacidad de detectar los materiales NBQR para prevenir los incidentes NBQR o darles una respuesta.
- Preparación y respuesta: poder responder de manera eficiente a los incidentes en los que se utilicen materiales NBQR y recuperarse de ellos lo antes posible.

En octubre de 2017 la Comisión adoptó un plan de acción para mejorar la preparación frente a los riesgos de seguridad química, biológica, radiológica y nuclear¹¹, que contiene varias propuestas destinadas a ayudar a los Estados miembros a defender mejor a los ciudadanos de la UE frente a las amenazas terroristas. Este plan se revisó a fines de 2019 y el documento aún considera la política válida en el ámbito NRBQ. La Agenda 2020 contra el terrorismo reforzó algunos aspectos NRBQ, concretamente en

¹⁰ COM(2009)273/F1 – ES.

¹¹ COM(2017) 610.

relación con la amenaza de los agentes químicos y en relación con la bioseguridad¹².

La UE y sus Estados miembros son firmes defensores de la Convención para la prohibición de armas biológicas y tóxicas (BTWC) y están muy comprometidos con los esfuerzos internacionales para mejorar la bioseguridad en todo el mundo. A través de acciones conjuntas y decisiones del Consejo, la UE ha proporcionado casi 11 millones de euros en apoyo de la CABT directamente desde 2006¹³. Además, la UE ha realizado aportaciones económicas para apoyar el fortalecimiento de la bioseguridad y seguridad en Ucrania y en varios países de América Latina, así como en apoyo del Mecanismo del secretario general de las Naciones Unidas para la investigación del presunto uso de productos químicos y armas biológicas.

La Iniciativa de Centros de Excelencia (CoE) NRBQ de la UE (EU NBQR CoE) se estableció en 2010 como un programa mundial de desarrollo de capacidades para la mitigación de riesgos, ya sea de origen intencional, accidental o natural, relacionado con efectos químicos, biológicos, radiológicos y materiales o agentes nucleares y riesgos para las instalaciones o sitios relacionados. La iniciativa está actualmente reuniendo a 62 países socios¹⁴.

Para mejorar la preparación y la respuesta de la UE a los riesgos para la salud pública, como las amenazas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares (QBRN), la Comisión está acumulando reservas estratégicas de capacidades de respuesta a través del Mecanismo de Protección Civil de la UE¹⁵. Esto incluye una reserva estratégica «rescEU» por valor de 540,5 millones de euros, establecida en estrecha colaboración con la Autoridad de Preparación y Respuesta ante Emergencias Sanitarias (HERA, por sus siglas en inglés). La reserva consta de equipos y medicamentos, vacunas y otras terapias para tratar a pacientes expuestos a agentes NBQR, así como de la reserva de descontaminación

¹² <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9331-2021-INIT/en/pdf>

¹³ Council Joint Action 2006/184/CFSP (2006-2007), Council Joint Action 2008/858/CFSP (2009-2011), Council Decision 2012/421/CFSP (2012-2015), Council Decision 2016/51/CFSP (2016-2019), Council Decision 2019/97/CFSP (2019-2023), Council Decision 2021/2072/CFSP (2021-23).

¹⁴ https://cbrn-risk-mitigation.network.europa.eu/index_en

¹⁵ https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/news/eu-develops-strategic-reserves-chemical-biological-and-radio-nuclear-emergencies-2022-04-06_en

rescEU para proporcionar equipos de descontaminación y equipos de respuesta.

2.1.3. ONU

Resolución 1540

La Resolución 1540 aprobada en 2004 en el Consejo de Seguridad exige que los Estados cuenten con una legislación adecuada y cooperen entre sí para contrarrestar la amenaza del acceso y uso de armas químicas, biológicas, nucleares y radiológicas por parte de agentes no estatales. Complementa los acuerdos multilaterales pertinentes de desarme y control de armamentos que regulan las actividades de los Estados, incluida la Convención sobre las armas biológicas.

Todos los Estados miembros de las Naciones Unidas deben cumplir con sus disposiciones, independientemente de su estado de adhesión a otros instrumentos del marco jurídico internacional existente¹⁶. Adoptada bajo el capítulo VII de la Carta de las Naciones Unidas, la resolución requiere que todos los países adopten la legislación que prohíba a los actores no estatales obtener armas nucleares, químicas o biológicas, y establecer controles internos apropiados para materiales relacionados para prevenir su tráfico y su empleo.

Tal y como se establece en la Resolución 1540, se creó el Comité 1540 como órgano subsidiario del Consejo de Seguridad, integrado por los quince Estados que sean miembros del Consejo. Su actividad está enfocada en el seguimiento y aplicación nacional de la Resolución 1540, la asistencia y la cooperación con organizaciones internacionales y la divulgación en los medios de comunicación. Por lo tanto, no es un comité de sanciones. No lleva a cabo investigaciones ni acciones judiciales por presuntos incumplimientos de las obligaciones en materia de no proliferación¹⁷. El Comité 1540 cuenta con el apoyo de la Oficina de Asuntos de Desarme de la ONU (UNODA).

A propuesta de España, en 2016, el Consejo de Seguridad aprobó la Resolución 2325/(2016)¹⁸ cuyo contenido reafirma el com-

¹⁶ https://www.ieee.es/temas/no-proliferacion/2016/Publicacion_ActoresNoEstatales_Res1540.html

¹⁷ <https://www.un.org/es/sc/1540/faq.shtml#1>

¹⁸ <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/442/62/PDF/N1644262.pdf?OpenElement>

promiso de la comunidad internacional con la no proliferación de armas de destrucción masiva, estableciendo medidas novedosas. En concreto, se pide a los Estados y al Comité 1540 que se centren en los sectores y regiones que necesitan más atención, y tengan en cuenta los nuevos riesgos de la proliferación¹⁹.

En la actualidad el Comité 1540 se encuentra en un punto crítico de carácter casi existencial. La resolución 2622 (2022), presentada por México, prorroga el mandato del Comité hasta el 30 de noviembre de 2022. El Comité y su grupo de expertos han examinado más de 500 informes nacionales sobre la aplicación de la Resolución 1540 procedentes de 185 países. Sin embargo, esta prórroga no ha estado exenta de discrepancias dentro del Consejo de Seguridad. Rusia ha apoyado la Resolución 2622(2022) aunque ha manifestado sus serias dudas sobre este documento y, más ampliamente, sobre el modo en que se ha llevado a cabo la labor del Comité 1540 en 2021 y 2022²⁰.

El Mecanismo del secretario general de las Naciones Unidas (UNSGM)

El Mecanismo del secretario general de las Naciones Unidas (UNSGM, por sus siglas en inglés) se desarrolló a fines de la década de 1980 para llevar a cabo investigaciones basadas en evidencia en respuesta a denuncias relacionadas con el uso de armas químicas y biológicas.

Con la Resolución A/42/37 C (1987) la Asamblea General de la ONU estableció el Mecanismo del secretario general (UNSGM) para llevar a cabo investigaciones rápidas en respuesta a las denuncias del posible uso de armas químicas, bacteriológicas (biológicas) y tóxicas que puedan constituir una violación del Protocolo de Ginebra de 1925 u otras normas pertinentes del derecho internacional consuetudinario. Posteriormente el Consejo de Seguridad lo reafirmó con la Resolución 620 (1988)²¹.

Si algún Estado miembro proporciona al secretario general un informe de tales alegaciones, el secretario general está autorizado a iniciar una investigación para determinar de manera obje-

¹⁹ <https://www.dsn.gob.es/en/actualidad/sala-prensa/esp%C3%B1a-promueve-csnu-una-resoluci%C3%B3n-que-actualiza-compromiso-internacional>

²⁰ S/PV.8977. Disponible en: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/PRO/N22/269/16/PDF/N2226916.pdf?OpenElement>

²¹ <https://www.un.org/disarmament/es/wmd/secretary-general-mechanism/>

tiva y científica los hechos del asunto, incluido el envío de un equipo de investigación al lugar del presunto incidente, e informar de los resultados de la investigación a todos los Estados miembros. Conviene recordar que el UNSGM no es un órgano permanente de investigación.

La legitimidad y credibilidad de este mecanismo para investigar el presunto uso de armas biológicas queda avalada por llevarse a cabo por expertos científicos cualificados. Los elementos clave del UNSGM son la lista de expertos y laboratorios proporcionados por los Estados miembros de la ONU, y las pautas y procedimientos para la realización de investigaciones de presunto uso de conformidad con las directrices y procedimientos aprobados por la Asamblea General en la Resolución A/45/57C (1990)²². España participa activamente en el USGMN aportando especialistas cualificados y laboratorios.

En el supuesto caso de una denuncia por armas biológicas, sería el UNSGM el único mecanismo reconocido para llevar a cabo la investigación para confirmar el uso de este tipo de armas. Sin embargo, la falta de procedimientos para poder llevar a cabo la solicitud de intervención de este mecanismo junto con el posible veto del Consejo de Seguridad de la ONU, hacen que las opciones de que se pudiera activar este mecanismo en caso de un ataque biológico serían muy reducidas por no decir nulas.

Esta dificultad de activación del UNSGM se constató en 2013 ante la acusación del uso de armas químicas en Siria. Este mecanismo se activó para esclarecer lo ocurrido con la esperanza de que podría ser una herramienta eficaz en la verificación y la disuasión del uso de armas químicas. Para ello, se llevaron a cabo las investigaciones en colaboración con los inspectores de la Organización para la Prohibición de Armas Químicas (OPAQ) llegando a la conclusión del empleo de sarín en la ciudad de Dotha. Ante esa violación del derecho internacional, la respuesta fue la adhesión de Siria a la CAQ y no una intervención armada contundente por parte de EE. UU. En los años posteriores, se siguieron empleando armas químicas en el conflicto de Siria, por lo que el UNSGM demostró su limitado carácter disuasorio y lo que es peor, su falta de actuación en caso de veto en el Consejo de Seguridad de la ONU. Ante este vacío y la necesidad de seguir investigando el uso de armas químicas en el conflicto de Siria, la OPAQ tuvo que crear nuevas estructuras y capacidades para adaptarse a las características específicas de este conflicto. Desgraciadamente, a

²² <https://www.un.org/disarmament/es/wmd/secretary-general-mechanism/>

diferencia de la OPAQ, la CABT no puede adaptar sus estructuras de verificación ante nuevos escenarios, simplemente porque no las tiene.

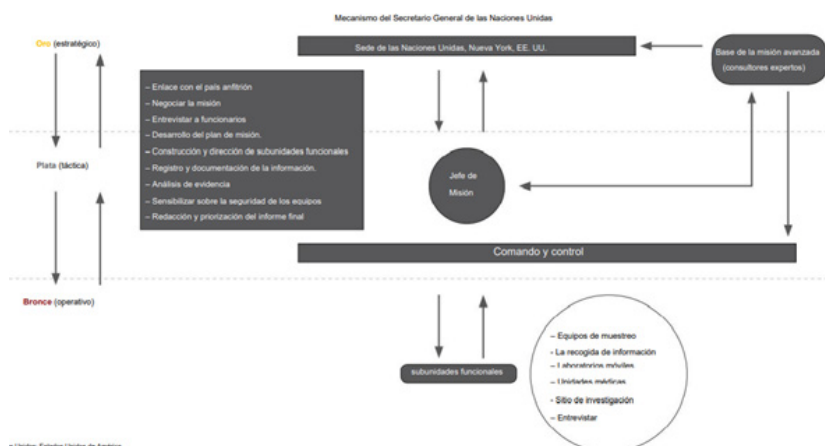


Gráfico. 1. Mecanismo del secretario general de las Naciones Unidas

2.1.4. Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA)

Dado que la mayoría de los agentes biológicos son de origen animal, la experiencia en esta área y su participación en la UNSGM son de suma importancia. Desde 2014, expertos de la OMSA han participado en capacitaciones relevantes y están disponibles para ser enviados a investigar cualquier presunto uso de un arma biológica en cualquier parte del mundo si se activa el UNSGM.

2.1.5. La OSCE

Los Estados participantes de la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa (OSCE) acordaron por primera vez que el apoyo a la Resolución 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas era importante cuando los Estados Unidos y el Reino Unido incorporaron este tema a la agenda de la OSCE en 2009. Desde entonces, el apoyo de la OSCE ha aumentado. En 2011, el Consejo de Seguridad de la ONU aprobó la RCSNU 1977 pidiendo a las organizaciones regionales que ayudaran en la implementación de la RCSNU 1540 y la OSCE firmó un memorando de entendimiento con la UNODA más tarde el mismo año, comprometiéndose a trabajar juntos.

Desde 2010 existe una capacidad especial para apoyar la implementación de la Resolución 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas en el Forum for Security Co-operation (FSC). En 2015, el FSC adoptó una decisión que reconoce explícitamente el papel de la OSCE en la facilitación de la aplicación de la Resolución 1540 y, en particular, el papel del Centro de Prevención de Conflictos²³.

La OSCE dirige un proyecto que ayuda a los Estados participantes interesados a elaborar planes de acción nacionales y a sentar las bases legislativas necesarias. La organización también lleva a cabo actividades de sensibilización, imparte capacitación adaptada, promueve las mejores prácticas e intensifica la cooperación con otras organizaciones internacionales²⁴.

2.1.6. OTAN

En 2009, la OTAN aprobó su Política Integral de Nivel Estratégico para prevenir la proliferación de armas de destrucción masiva (ADM) y defenderse contra las amenazas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares (QBRN). Esa política —que ha constituido la base de la seguridad y la estabilidad aliadas durante los últimos años— debe adaptarse a un mundo más complejo y desafiante. Según la OTAN las organizaciones internacionales relacionadas con la no proliferación de armas de destrucción masiva parece que no ofrecen las garantías suficientes para la alianza y por otro lado porque la innovación científica y tecnológica y otras tendencias emergentes han acentuado los riesgos NRBQ para la Alianza²⁵.

Con esta visión, en junio de 2022 la Alianza ha establecido una nueva «Política de defensa química, biológica, radiológica y nuclear (NRBQ) de la OTAN²⁶» en la que se establece que el riesgo de amenazas biológicas naturales o accidentales también puede aumentar la complejidad del entorno de seguridad. Los agentes biológicos, incluidos los patógenos existentes y modificados, también plantean desafíos únicos y duraderos para las operaciones de la OTAN, ya sea por un uso deliberado de agentes biológicos por parte de actores hostiles, la liberación accidental

²³ <https://www.osce.org/magazine/285611>

²⁴ <https://www.osce.org/forum-for-security-cooperation/107436>

²⁵ https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_197768.htm?selectedLocale=en

²⁶ https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_197768.htm

y el contacto con enfermedades endémicas e importadas. Estos riesgos se unen al de la aparición de nuevos patógenos y toxinas que pueden ser empleados por actores no estatales.

Para la OTAN, la aplicación de las capacidades de defensa NRBQ es una responsabilidad fundamentalmente nacional que se basa en la preparación, la respuesta y la recuperación. La política de defensa NRBQ de la OTAN se basa en dos principios —aumento de capacidades y aumento de la resiliencia y compromisos complementarios que se refuerzan mutuamente. Todos ellos se complementan con unas capacidades transversales que permiten a la Alianza cumplir con sus compromisos. Estas capacidades son: intercambio de inteligencia e información, fomento de la capacidad del personal militar y civil, las asociaciones y las actividades de divulgación, cooperación con organizaciones internacionales²⁷, comunicaciones estratégicas y diplomacia pública, colaboración científica y técnica y apoyo médico.

El *Concepto Estratégico 2022*, aprobado en la Cumbre de la OTAN en Madrid, reforzó un vínculo crítico entre los esfuerzos de disuasión y defensa de la OTAN y el control de armas, desarme y no proliferación, dos instrumentos políticos que complementan y apoyan la seguridad aliada²⁸.



Figura 1. Principios y compromisos de la OTAN para la defensa QBRN

2.1.7. La Organización Mundial de la Salud (OMS)

La 55.^a Asamblea Mundial de la Salud adoptó en mayo de 2002 la Resolución WHA55.16 en la que se establecía que los países

²⁷ La OTAN coopera con las Naciones Unidas (ONU), la Unión Europea (UE), otras organizaciones regionales e iniciativas multilaterales para abordar la proliferación de armas de destrucción masiva (ADM).

²⁸ https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_48895.htm

necesitan un sistema de salud pública que pueda responder a la liberación deliberada de agentes químicos y biológicos. Reconociendo esta necesidad, la OMS instaba a los Estados miembros a responder a esa amenaza compartiendo su experiencia, suministros, y recursos para contener rápidamente el peligro y mitigar sus efectos. Es decir, por parte de la OMS, la necesidad de responder ante un incidente deliberado está identificada pero la realidad es que se requiere el desarrollo de procedimientos nacionales e internacionales, una mayor cooperación entre los países miembros basada en la transparencia y confianza y, por supuesto, recursos necesarios.

En relación al uso de armas biológicas, la OMS se centra en las posibles consecuencias para la salud pública de un incidente debido a un agente biológico, independientemente de si se caracteriza como un acto deliberado o un evento natural. La OMS aconseja reforzar las actividades de vigilancia y respuesta de la salud pública, haciendo hincapié en: una vigilancia nacional más eficaz de los brotes de enfermedades, la mejora de la bioseguridad y la bioseguridad en todo el sector de la salud, una mejor comunicación entre múltiples sectores, mejores evaluaciones de la vulnerabilidad y una comunicación efectiva sobre los riesgos y amenazas tanto para los profesionales como para el público y la elaboración de planes de contingencia para mejorar la capacidad de respuesta de todos los sectores²⁹.

En el caso de la liberación intencional de un agente biológico, las actividades mundiales de alerta y respuesta de la OMS y la Red Mundial de Alerta y Respuesta ante Brotes Epidémicos (GOARN) representan un pilar importante de la seguridad sanitaria mundial destinado a la detección, verificación y contención de epidemias³⁰.

Por otro lado, la OMS ha publicado un Marco de Orientación Mundial para el uso responsable de las ciencias de la vida³¹. Se trata del primer marco mundial técnico y normativo que hace un llamamiento para que los países y los actores relacionados con las ciencias de la vida para que mitiguen los riesgos biológicos y lleven a cabo de forma segura la investigación sobre tecnologías que pudiera tener un componente de doble uso, y por lo tanto, ser empleadas de forma malintencionada.

²⁹ https://www.who.int/health-topics/biological-weapons#tab=tab_2

³⁰ *Ibíd.*

³¹ <https://www.who.int/publications/i/item/9789240056107>

3. La CABT: la necesidad de avanzar

La Convención para la prohibición de armas biológicas y tóxicas (CABT), que entró en vigor en 1975, fue el primer acuerdo multilateral que prohibía toda una clase de armas de destrucción masiva. En concreto, la CAB prohíbe desarrollar, producir, almacenar o, de otra forma, adquirir o retener agentes microbianos u otros agentes biológicos, o toxinas así como armas, equipos o vectores³² destinados a utilizar esos agentes o toxinas con fines hostiles o en conflictos armados. Sin embargo, el tratado permite la investigación y el desarrollo con fines profilácticos³³, de protección o pacíficos, incluida la investigación científica.

La CABT, al igual que otros tratados de no proliferación como el TNP y la CAQ, son productos de un momento histórico comprendido en la segunda mitad del siglo XX. Además de la parte diplomática y de relaciones internacionales de estos tratados —cuyos principios y valores pueden perdurar durante décadas— hay que considerar la parte tecnológica que es la que está evolucionando en mayor medida y la que está cuestionando estos tratados de no proliferación por su capacidad para cumplir con el objetivo de tener un mundo libre de armas nucleares, biológicas y químicas. A los avances tecnológicos hay que añadir que estos tratados de desarme, si no se adaptan, difícilmente puede ofrecer una solución al problema de uso de agentes biológicos por parte de agentes no estatales.

La CABT, por lo tanto, es uno de los principales pilares de la arquitectura mundial de desarme y no proliferación de armas biológicas y tóxicas, aunque su eficacia es cuestionada por presentar muchas carencias en relación a otros tratados de no proliferación similares.

Un componente clave del funcionamiento de la CABT son las reuniones quinquenales de los Estados parte para revisar el funcionamiento de la convención. Desde que la convención entró en vigor en 1975, se han celebrado ocho conferencias de examen en 1980, 1986, 1991, 1996, 2001/2002, 2006, 2011 y 2016. Originalmente se esperaba que la novena revisión tuviera lugar en 2021, pero se ha retrasado hasta noviembre de 2022 debido a

³² Cualquier dispositivo que pueda servir para su dispersión.

³³ El término «profiláctico» incluye actividades médicas, tales como diagnósticos, terapia e inmunización, mientras que el término «protección» se refiere a la fabricación de máscaras y vestimentas protectoras, sistemas de filtración de aire y agua, mecanismos de detección y alerta, así como equipos de descontaminación.

la pandemia mundial. Estas conferencias de revisión se ven complementadas con reuniones anuales tanto de los Estados parte como de expertos que preparan los trabajos y las negociaciones de los temas que se tratarán en las conferencias de examen.

Desde el año 2000, se han celebrado cuatro procesos entre periodos de conferencias de examen en los que se han ido tratando distintos temas para intentar avanzar en el fortalecimiento de la convención, algo que no siempre se ha conseguido con éxito. La primera ronda de 2000 a 2005 fue principalmente una misión de rescate destinada a mantener el proceso de diálogo; el segundo de 2007 a 2010 se caracterizó como un intento de revitalizar la convención sobre las armas biológicas y tóxicas. Una esfera clave de progreso fue el establecimiento oficial de una unidad de apoyo a la implementación (ISU, por sus siglas en inglés), para apoyar la administración cotidiana del tratado. El tercero se desarrolló de 2012 a 2015 y los resultados demostraron un amplio consenso sobre la importancia del tratado y la necesidad de desarrollarlo, pero carecieron de un consenso significativo sobre las medidas prácticas que debían adoptarse. El cuarto proceso entre periodos de sesiones 2017-2021 se centra en cinco áreas temáticas. Esto incluye la cooperación y la asistencia para promover el uso pacífico de las ciencias de la vida; examen de los avances científicos y tecnológicos; aplicación nacional; preparación y asistencia en caso de presunto uso de armas biológicas; y el fortalecimiento institucional.

Aunque se han logrado avances, lo cierto es que la CABT no ha conseguido ser el marco adecuado para poner fin a la proliferación de armas biológicas, principalmente, por la falta de acuerdo entre los Estados parte en implantar una serie de requisitos mínimos que contribuyan a materializar los objetivos de esta convención. Quizá el más relevante y el más básico es la falta de una entidad que verifique el cumplimiento de la convención.

3.1. Falta de un protocolo de verificación

Aunque la CABT puede considerarse un éxito de la comunidad internacional al intentar poner fin a la proliferación de armas biológicas y complementar el Protocolo de Ginebra de 1925, lo cierto es que se trata de un tratado que nació con muchas debilidades siendo la principal la falta de una organización encargada de verificar el cumplimiento por parte de los países que la han ratificado. Quizá la desconfianza reinante durante la Guerra Fría no permi-

tió dejar anclado un tema tan importante y este ha sido, desde entonces, motivo de gran controversia entre los Estados parte.

Situados en este contexto histórico, es fácil entender que las grandes potencias fueran reacias a permitir que inspectores internacionales visitaran sus instalaciones de biodefensa. Las sospechas mutuas de que se estaban desarrollando programas de armas biológicas se confirmaron, por ejemplo, cuando en 1992, el presidente ruso Boris Yeltsin reveló el programa masivo de armas biológicas de la Unión Soviética. A pesar de que los Estados parte tienen la obligación de desarmarse, destruyendo o desviando hacia fines pacíficos todos los agentes, toxinas, armas, equipos y vectores, no existía ni existe ninguna entidad que vele por el progreso de este objetivo. Los Estados parte no están obligados a declarar los agentes biológicos o las toxinas empleadas en actividades no prohibidas. Tampoco están obligadas a declarar todos los laboratorios que se ocupan de la investigación y del desarrollo de sustancias que podrían ser utilizadas como agentes de guerra³⁴.

El protocolo de verificación, como se le conoce dentro del ámbito de la CABT, es un conjunto de medidas que se han ido tratando desde las primeras conferencias de revisión para fortalecer el cumplimiento de esta convención. Finalmente en 2001, Estados Unidos se retiró unilateralmente de este proceso a pesar de que casi se había alcanzado el consenso en la redacción del contenido del protocolo. A lo largo de la historia de todas las conferencias de examen, este tema ha sido uno de los principales escollos para llegar a un acuerdo sobre las medidas necesarias para llevar a cabo las inspecciones. Si bien es difícil que se llegue a un acuerdo, existen propuestas para abordar el tema de manera más constructiva y cambiar el debate a un territorio nuevo, más productivo y con visión de futuro³⁵.

A falta de un mecanismo de verificación, el sistema de medidas de fomento de la confianza (CBM) ha contribuido a aumentar la transparencia de las actividades de los Estados parte. Este sistema se introdujo en 1987 tras una decisión de la segunda conferencia de revisión en 1986.

El objetivo de las CBM es prevenir o reducir la ocurrencia de ambigüedades, dudas y sospechas y mejorar la cooperación

³⁴ <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/5tdlbp.htm>

³⁵ Preparing for Success at the Ninth Biological and Toxin Weapons Convention Review Conference

internacional en el campo de las actividades biológicas pacíficas. Los Estados partes de la convención sobre armas biológicas deben presentar sus informes nacionales sobre medidas de fomento de la confianza a más tardar el 15 de abril de cada año a la unidad de apoyo a la implementación de la convención sobre armas biológicas.

Sin embargo, su utilidad ha sido cuestionada por la falta de uniformidad de las medidas presentadas por los Estados parte y el distinto nivel de implicación de los mismos. También Rusia y China señalan la importancia de mejorar las medidas de fomento de la confianza en el marco del convenio, entre otras cosas, mediante la inclusión de información sobre las actividades biológicas militares en el extranjero de los Estados parte en la convención sobre las armas biológicas en el formulario de presentación de informes³⁶.

3.2. La cooperación internacional: artículo X

El artículo X de la CABT también se ha convertido en un motivo permanente de desacuerdo que se manifiesta en las reuniones de revisión de la convención. Según este artículo:

«Las partes en la Convención que estén en condiciones de hacerlo deberán asimismo cooperar para contribuir, por sí solas o junto con otros Estados u organizaciones internacionales, al mayor desarrollo y aplicación de los descubrimientos científicos en la esfera de la bacteriología (biología) para la prevención de las enfermedades u otros fines pacíficos».

Algunos Estados parte sienten que los «ricos» no han hecho lo suficiente para ayudar a «los que no tienen» capacidades, atendiendo a los objetivos de cooperación internacional y desarrollo mencionados en la CABT.

Por otra parte los Estados parte tienen que «evitar obstaculizar el desarrollo económico o tecnológico de los Estados parte». Algunos Estados ven las denegaciones de autorización para exportaciones relacionadas con la biotecnología como una violación de este aspecto regulatorio del artículo X. El desacuerdo generalmente

³⁶ https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/wjdt_665385/2649_665393/202110/t20211007_9580297.html

se desarrolla principalmente entre el grupo occidental y el grupo de no alineados³⁷.

Para llevar a cabo la cooperación prevista en este artículo con la debida confianza mutua es necesario fortalecer también el artículo 3 de la CABT en el que se establece que ningún Estado facilitará ningún material ni asistirá a otros Estados para la fabricación de agentes biológicos cuyo uso estaría prohibido por la CABT.

3.3. Seguimiento de la ciencia y tecnología más efectivo

Los avances tecnológicos en el campo de la biotecnología, la inteligencia artificial, la impresión 3D, entre otros suponen nuevos riesgos. Si se pretende reforzar el sistema de no proliferación biológica es necesario monitorizar los progresos en relación con la amenaza biológica en la denominada «bioconvergencia»³⁸.

Algunos Estados parte como Alemania, China y la Federación Rusa, han manifestado su interés en el establecimiento de algún tipo de mecanismo de revisión científica como un «Foro asesor de expertos científicos y tecnológicos» que cumpliría la misión de ser un órgano asesor en el marco de la convención sobre las armas biológicas y tóxicas. Si bien pocos Estados parte se oponen a esta idea en principio, existen diferencias significativas entre algunos de ellos sobre el propósito preciso y la forma de dicho mecanismo³⁹.

3.4. Acusaciones de incumplimiento y asistencia al Estado parte afectado. Aplicación del artículo VI y VII

El artículo VI establece que todo Estado parte puede presentar una queja, con las pruebas necesarias, ante el Consejo de Seguridad de la ONU si considera que otro Estado parte no está cumpliendo las obligaciones de la CABT. Una vez presentada esta queja, cada Estado se compromete a cooperar en la investigación que inicie el Consejo de Seguridad sobre la queja recibida.

Las acusaciones de la falta de cumplimiento entre algunos Estados parte siempre ha sido un tema recurrente en el transcurso

³⁷ Preparing for Success at the Ninth Biological and Toxin Weapons Convention Review Conference.

³⁸ <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/7/28/pentagon-biological-defense-programs-at-pivot-point>

³⁹ <https://new-york-un.diplo.de/un-en/news-corner/-/2404454>

de todas las reuniones de revisión de la CABT celebradas hasta la fecha. El único mecanismo internacional existente para investigar el presunto uso de armas biológicas es el Mecanismo del secretario general de la ONU para la investigación del presunto uso de armas químicas y biológicas (UNSGM), mencionado anteriormente en este capítulo.

Por otro lado, la asistencia a un Estado parte que ha sufrido un suceso de un uso malintencionado de agentes biológicas es una obligación jurídica de los Estados parte en virtud del artículo VII de la CABT. Sin embargo, no existen procedimientos establecidos para solicitar tal asistencia. La confluencia de cuestiones técnicas, políticas y jurídicas han entorpecido la capacidad de responder eficazmente y prestar asistencia a los Estados parte expuestos a peligros como resultado de la violación de la CABT⁴⁰.

En el transcurso de la guerra de Ucrania, Rusia ha acusado a EE. UU. de tener laboratorios en territorio ucraniano sospechosos de desarrollar algún programa de armamento biológico. La Oficina de asuntos de desarme (UNODA) ha afirmado que no tiene conocimiento de ningún programa de este tipo en Ucrania y no tiene ni el mandato ni la capacidad técnica operativa para investigarlo⁴¹. Como tanto Rusia como EE. UU. son Estados parte de la CABT los anima a utilizar los procedimientos disponibles en virtud de la Convención para solventar los problemas de cumplimiento entre los que figura una posible convocatoria de una reunión consultiva. La ONUDA apoyará cualquier procedimiento que se desarrolla bajo la CABT para solventar el problema de los laboratorios ucranianos.

Por otro lado, además de prevenir cualquier uso de armas biológicas a través de la detección oportuna, hay también la necesidad de centrarse en el fortalecimiento del Convenio a fin de garantizar una adecuada respuesta a un ataque biológico⁴².

3.5. La CABT del futuro

La CABT lleva mucho tiempo en una encrucijada⁴³. Los retos son múltiples y el contexto geopolítico internacional, con la guerra

⁴⁰ <https://meainida.nic.in/cdgeneva/?8332?000>

⁴¹ <https://news.un.org/en/story/2022/05/1118232>

⁴² <https://www.un.org/disarmament/wp-content/uploads/2018/06/sg-disarmament-agenda-pubs-page.pdf>

⁴³ <https://www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2017/09/06/the-biological-weapons-convention-at-a-crossroad/>

de Ucrania, puede no constituir el momento más adecuado para alcanzar un acuerdo entre las grandes potencias que están mostrando una rivalidad creciente.

El desarme biológico del siglo XXI debe ajustarse a las realidades del mundo tal como es, y en la planificación de la novena conferencia de revisión, el marco de referencia de cara al futuro no debe ser el pasado (el protocolo) o el presente (la pandemia), sino el futuro⁴⁴.

El futuro de la CABT es incierto. Necesita un liderazgo firme y continuo para garantizar que sigue siendo un mecanismo de desarme viable y útil en el siglo XXI. Se necesita diseñar una nueva visión sobre cómo integrarse en una arquitectura de seguridad mundial más amplia e interconectada. También requiere el reconocimiento de las realidades actuales en torno a los riesgos biológicos y, por supuesto, también requiere una mayor financiación.

Dada la rapidez con la que se suceden los acontecimientos en el mundo actual, la revisión quinquenal de la CABT se deberían reforzar las reuniones de periodos entre sesiones en especial la de los Estados parte para adoptar y aplicar decisiones eficaces⁴⁵. Si los Estados parte no pueden llegar a acuerdos colectivos dentro de la CABT, algunos Estados parte llegarán a otros tipos de acuerdos fuera de ella. También los Estados parte deben estar preparados para duplicar o triplicar su inversión en la CABT.

Salir del estancamiento de las últimas dos décadas no es un resultado imposible en 2022, aunque no es una tarea sencilla. Requiere que los Estados parte vayan más allá de sus posiciones arraigadas y acepten cambios en términos de métodos de trabajo⁴⁶.

Dos de las áreas que probablemente serán tratadas con una mayor discrepancia en la novena conferencia de revisión serán una nueva perspectiva de un protocolo de verificación y la cooperación internacional, bajo los auspicios del artículo X, y en particular las cuestiones relativas al control de las exportaciones. Ambas cuestiones han sido tradicionalmente divisivas y, por esta razón, cabe esperar que el progreso en otras esferas no dependa de estos aspectos de la negociación. Otras esferas, que parecen al menos, ofrecer la posibilidad de un acuerdo entre los Estados

⁴⁴ UNIDIR_Potential_Outcomes_9th_BWC_RevCon

⁴⁵ <https://mainida.nic.in/cdgeneva/?8332?000>

⁴⁶ UNIDIR_Potential_Outcomes_9th_BWC_RevCon

son los exámenes de la ciencia y la tecnología y las deficiencias actuales en los escasos recursos para la unidad de apoyo a la implementación.

4. La CAQ: lecciones aprendidas aplicables a la CABT

El empleo de armas químicas en el conflicto de Siria junto con el envenenamiento de Kim Jong Nam en 2017 con VX, del exespía ruso Serguéi Skripal y su hija Yulia en la ciudad británica de Salisbury en 2018 y de Alexei Navalny en 2020 —ambos con agentes nerviosos de la familia de los Novichoks—, han supuesto nuevos desafíos para la OPAQ que, lejos de permanecer como una institución rígida y estanca, ha dado importantes pasos para actualizar su misión y sus protocolos conforme a los nuevos riesgos del siglo XXI.

La ampliación de las listas de compuestos prohibidos por la CAQ para incluir los compuestos del grupo de los Novichoks es una muestra de esta adaptación y flexibilidad.

También lo ha sido la creación del Equipo de Investigación e Identificación de la OPAQ (IIT, por sus siglas en inglés) — ya que ha ampliado el mandato inicial de la OPAQ para poder verificar no solo el uso sino también atribuir la autoría de los ataques con armas químicas realizados durante el transcurso del conflicto sirio con la premisa de establecer hechos, no juzgarlos.

La formación del IIT estuvo motivada por la finalización en junio de 2017 del mandato del OPCW-UN *Joint Investigative Mechanism*, un equipo de investigación conjunto de la OPAQ y Naciones Unidas (JIM, por sus siglas en inglés) que había llevado a cabo investigaciones del uso de armas químicas en Siria concluyendo, en su último informe emitido en octubre de 2017, que existían evidencias de que el Gobierno sirio era el responsable del ataque con gas sarín realizado el 4 de abril de 2017 en Jan Sheijun, en la provincia de Idlib y que produjo un centenar de víctimas y más de cuatrocientos heridos.

Siria consideró que el JIM era un mecanismo ficticio que servía a los intereses occidentales. El veto de Rusia en el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas para prolongar el mandato del JIM acabó con la posibilidad —al menos en el seno del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas— de seguir contando con un equipo de investigación que determinara la autoría e identificara a los responsables de los ataques químicos que se producían en

el transcurso del conflicto sirio. La OPAQ —cumpliendo con su propósito de librar al mundo del uso de armas químicas, bajo la premisa de que este tipo de armas no puede ser empleado en ningún lugar, ni por ningún actor, ni con ninguna causa y que, además, los que lo hagan deben de ser condenados por ello— decidió buscar una vía para conseguir crear un mecanismo para determinar la autoría de los ataques químicos realizados en Siria. De esta forma, la OPAQ ampliaba su misión principal de verificar el cumplimiento de la CAQ y daba un paso de gigante —y de una gran responsabilidad— hacia una nueva misión enfocada a atribuir la autoría de un ataque con armas químicas, lo que exigía profesionales de diversos ámbitos de conocimiento⁴⁷.

Tanto la creación del IIT como la decisión de eliminar los derechos y privilegios a Siria dentro de la organización resaltan el compromiso firme de la OPAQ de continuar su actividad para eliminar el uso y fabricación de armas químicas por cualquier actor, bajo cualquier circunstancia, en cualquier lugar. Y también pueden constituir un ejemplo de un nuevo multilateralismo dentro de las relaciones internacionales, una nueva forma de alcanzar decisiones en el ámbito de la seguridad sin el corsé que supone el veto dentro del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas. El precio para la OPAQ es que ha recibido muchas críticas acerca de su instrumentalización por parte de algunos Estados y de estar sometida a una politización creciente. Es resumen, los problemas de incumplimiento de la CAQ se resuelven entre los Estados parte de la misma utilizando los medios y las instituciones creadas al efecto. Y aquí radica la principal diferencia con la CABT. En este sentido cabe mencionar que si bien el artículo 5 de la CABT establece un mecanismo consultivo entre Estados parte para solventar cualquier caso de incumplimiento de las disposiciones u objetivos de la convención, este mecanismo ha sido infrautilizado. Ni siquiera en el caso de los laboratorios ucranianos se ha utilizado esta vía como ya se ha mencionado anteriormente. La creación de una organización similar a la OPAQ con una Secretaría Técnica, y con los recursos financieros y técnicos suficientes para llevar a cabo su función, facilitaría la resolución de los casos de sospecha de incumplimiento de la CABT.

⁴⁷ Hidalgo García, M. (2021). Siria: un desafío para la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ). *Documento de Análisis IEEE 22/2021*. http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2021/DIEEEA22_2021_MARHID_Siria.pdf

Por lo que respecta al seguimiento de la tecnología y del asesoramiento científico, la OPAQ dispone de órgano asesor para tratar estas cuestiones: el Scientific Advisory Board (SAB, por sus siglas en inglés). Un ejemplo reciente de la importante labor que realiza este órgano asesor es la aclaración sobre si el uso de los compuestos químicos que actúan sobre el sistema nervioso central es o no un prohibido bajo la CAQ. La investigación llevada a cabo por el SAB ha permitido que en la vigésima sexta sesión de la Conferencia de los Estados Parte en la CAQ, celebrada en diciembre de 2021, se adoptara una decisión titulada «Entendimiento sobre el uso en aerosol de productos químicos que actúan en el sistema nervioso central con fines de aplicación de la ley».

La decisión proporciona más claridad sobre el entendimiento de la Conferencia en el marco de la Convención sobre las armas químicas sobre el uso en aerosol de productos químicos que actúan en el sistema nervioso central (SNC) con fines de aplicación de la ley, basándose en el amplio trabajo del SAB de la OPAQ. El SAB reconoció que los productos químicos que modifican selectivamente las funciones del SNC, como el opioide fentanilo y sus análogos, que se consideran seguros cuando se usan en condiciones médicas controladas, pueden tener un margen de seguridad muy bajo cuando se administran como aerosol. El SAB ha observado que los productos químicos que actúan en el SNC difieren de los agentes antidisturbios (RCA), ya que actúan principalmente sobre el sistema nervioso central y sus efectos no suelen limitarse a la irritación sensorial de naturaleza temporal. Por lo tanto, el SAB reconoció que los productos químicos que actúan en el SNC no cumplen la definición de RCA, tal como se establece en el párrafo 7 del artículo II del convenio.

En la decisión se pide al director general que encargue al SAB que siga examinando los avances pertinentes en materia de ciencia y tecnología relacionados con los productos químicos que actúan en el sistema nacional y proporcione actualizaciones a la conferencia, según proceda, e incluya en su informe el tema de la evolución de la ciencia y la tecnología para los futuros periodos extraordinarios de sesiones de la conferencia de examen de la CAQ.

El caso de la CAQ, se ha demostrado que la existencia de un órgano científico asesor es imprescindible para afrontar los nuevos retos relacionados con la proliferación de armas químicas. La CABT debería avanzar en la misma dirección si pretende afrontar los riesgos derivados de las nuevas tecnologías y los futuros desafíos.

5. Conclusiones

La pandemia de COVID-19 ha mostrado la dura realidad de los daños que puede producir una pandemia y sus impactos sociales, económicos, políticos y de seguridad. Si bien se puede asumir que su origen ha sido natural, la magnitud de los daños provocados puede hacer que el empleo de un agente biológico con fines malintencionados pueda convertirse en un elemento de gran atracción por su gran poder disruptivo.

Las ciencias de la vida se cruzan cada vez más con otros campos, como la química, la inteligencia artificial y la nanotecnología, lo que cambia el panorama de los riesgos. La rápida evolución de la ciencia y tecnología ha facilitado el acceso a las tecnologías de doble uso para los agentes no estatales, aumentando la amenaza de bioterrorismo.

Por todo ello, se deben fortalecer todas las instituciones y tratados para trabajar en la consolidación del sistema internacional tanto de salud pública como de la no proliferación. La búsqueda de sinergias debe basarse en el concepto de que el riesgo biológico existe, ya sea de origen natural, accidental o intencionado.

Existe consenso a la hora de señalar que la proliferación de armas biológicas es una de las principales amenazas para la seguridad internacional. Pero lo que no parece tan claro, es que los Estados y las organizaciones internacionales estén de acuerdo a la hora de dar respuestas concretas para afrontar este peligro.

La CABT sigue siendo el principal marco internacional para responder al desafío de uso de armas biológicas. Pero desde su puesta en vigor se ha demostrado débil desde un punto de vista institucional en comparación con regímenes parecidos como el TNP o la CAQ. La implementación a nivel nacional es muy desigual lo que demuestra el distinto grado de compromiso de los Estados parte, y —lo que es más preocupante— no contiene ninguna capacidad operativa de respuesta frente a ataques biológicos ni disposiciones para verificar el cumplimiento del convenio. La falta de un protocolo para fortalecer todos los principios de la CABT ha creado una laguna para su aplicación efectiva. Sin embargo, a pesar de esa necesidad, la realidad es que no existe un consenso para avanzar sobre el desarrollo de un protocolo de verificación legalmente vinculante.

En un mundo cada vez más complejo y tecnológico, más interconectado y sometido a riesgos crecientes, la CABT tiene que ser

capaz de adaptarse a estos cambios, como lo ha hecho la CAQ, que constituye un buen ejemplo a seguir.

La novena conferencia que tendrá lugar en noviembre de 2022 se presenta como una oportunidad crítica para reforzar la CABT y evitar el uso malintencionado de agentes biológicos y toxinas y también para promover el uso pacífico de los avances científicos y tecnológicos que se desarrollen en el campo de la biología y de las ciencias de la salud. También presenta una oportunidad única para que los Estados parte fortalezcan este importante tratado de desarme y no proliferación en particular los aspectos relacionados con la cooperación internacional y la prestación de asistencia, y la coordinación internacional para detectar y monitorear brotes inusuales de enfermedades.

Sin embargo, la CABT aunque es el pilar de la no proliferación biológica es necesario desarrollar una colaboración internacional y una respuesta multilateral efectiva ante los nuevos desafíos. Los tratados internacionales de no proliferación de armas de destrucción masiva, tienen un claro carácter estatal por lo que adolecen de ciertas debilidades cuando se trata de afrontar el empleo de este tipo de armas por actores no estatales. Es necesario, pues, fortalecer el marco de no proliferación de armas de destrucción masiva, generar un sistema más eficaz y robusto para evitar que grupos terroristas adquieran y utilicen este tipo de armas, todo ello al amparo de la Resolución 1540 de la ONU.

6. Bibliografía

Raina MacIntyre, C., *et al.* (2018). Converging and emerging threats to health security. *Environ Syst Decis.* 38, pp. 198–207. <https://doi.org/10.1007/s10669-017-9667-0>

MODULO V

ESTRATEGIA Y RESPUESTA

Capítulo duodécimo

Hacia una estrategia de biodefensa

Alberto Cique Moya

«Messieurs, c'est les microbes qui auront le dernier mot»

(«Señores, son los microbios los que tendrán la última palabra»)

Louis Pasteur

Resumen

Estamos sometidos a un riesgo biológico de origen natural y/o accidental fruto de nuestro estilo de vida y vivir en un mundo globalizado. A esto se suma la posibilidad de empleo intencionado de agentes biológicos, lo cual supone que estemos sometidos a una amenaza biológica. Para hacer frente al riesgo y la amenaza bio se considera necesaria desarrollar una estrategia de segundo nivel subordinada a la *Estrategia de Seguridad Nacional 2021*, la cual podría denominarse estrategia de biodefensa (o de biopreparación y biorespuesta) que debiera ser y estar coordinada con la Estrategia de Salud Pública 2022. Estrategia basada en la prevención, la protección de la sociedad y la recuperación frente a un incidente bio, al objeto de dar una respuesta coordinada e integradora de todos los niveles de la sociedad frente a los

desafíos derivados de un brote epidémico o una pandemia fuese cual fuese el origen.

Palabras clave

Riesgo biológico, amenaza biológica, seguridad, estrategia biodefensa.

Towards a strategy of biodefense

Abstract

We are subject to a biological risk of natural origin and/or accidental fruit of our lifestyle and live in a globalized world. Added to this is the possibility of intentional use of biological agents, which means that we are subject to a biological threat. To address the risk and threat Bio is considered necessary to develop a second level strategy subordinated to the National Security Strategy 2021, which could be called Biodefense Strategy (or bio-preparedness and bio-response) Strategy based on prevention, protection of society and recovery from a Bio incident, in order to provide a coordinated and inclusive response at all levels of society to the challenges arising from an epidemic outbreak or pandemic from whatever source.

Keywords

Biological risk, biological threat, security, strategy of biodefense.

1. Introducción

Más allá de la hipocondría, el hombre siente miedo frente la enfermedad, este temor atávico se debe sin lugar a duda a que los agentes infecciosos heredados de los homínidos ancestrales nos han acompañado en nuestro devenir histórico, incrementándose el impacto de los brotes de enfermedad conforme aumentaban los movimientos de población, mercancías y productos agropecuarios fruto del comercio o de las campañas militares^{1,2,3,4}. Solo hay que pensar en la peste de Justiniano o la gripe, la viruela, o el sarampión en el Nuevo Mundo para corroborar que el peligro biológico nos ha acompañado siempre^{5,6}.

En la actualidad no todos los países tienen las mismas capacidades para enfrentarse a las epidemias o a las pandemias, estableciéndose diferencias significativas entre países próximos (fig. 1). Esas diferencias regionales vienen generadas por una falta de preparación frente al riesgo bio (biológico) en tres aspectos claves, que no son otros que la prevención, la detección y la respuesta⁷. Existiendo la posibilidad real de que un brote local se transforme en una pandemia global en función del estilo de vida que tenemos y el mundo en el que vivimos⁸.

En adición de lo anterior, la intervención de artrópodos vectores en sus cadenas de transmisión favorece la introducción del hombre en el ciclo biológico de la enfermedad, dando lugar a fenómenos de amplificación que, en determinadas circunstancias pueden llegar

¹ Todas las referencias de internet se han realizado el 15 sep. 2022.

Goberna Trica, J. (2004). La enfermedad a lo largo de la historia. Un punto de mira entre la biología y la simbología. *Index Enferm* (ed. online) 2004;13(47). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962004000300011

² Harper K. (2019). *El fatal destino de Roma: cambio climático y enfermedad en el fin de un imperio*. Ed. Critica.

³ Huget Pané, G. (2021). Grandes pandemias de la historia. *National geographic* [pág. web] 06 sep. 2021. Disponible en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/grandes-pandemias-historia_15178

⁴ Harper, K. (2021). *Plagues upon the earth. Disease and the Course of Human History* Princeton University Pres. Pp. 19-49.

⁵ Rius i Gibert, C. (2019). La peste a lo largo de la historia. *Rev Enf Emerg*. 2019;18(3):119-127.

⁶ Cique, A. (2008). Medios de transporte y diseminación de enfermedades. *San. Mil*. 2008;64(4):208-218.

⁷ Bell, J. A. y Nuzzo, J. B. (2021). *Global Health Security Index: Advancing Collective Action and Accountability Amid Global Crisis*. Disponible en: www.GHSIndex.org

⁸ Centers for Disease Control and Prevention. *Why It Matters: The Pandemic Threat* Division of Global Health Protection Winter 2017;26. Disponible en: <https://www.cdc.gov/globalhealth/healthprotection/fieldupdates/winter-2017/why-it-matters.html>

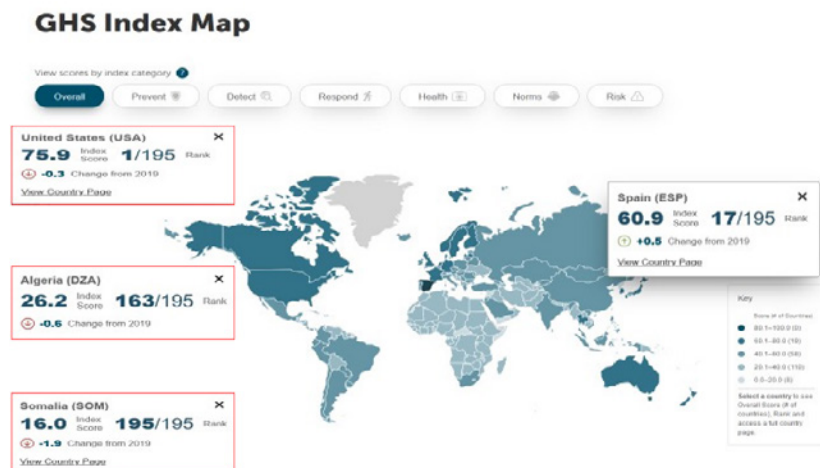


Fig. 1. Global Health Index map 2021 (accedido 15 sep. 2022). Disponible en: <https://www.ghsindex.org/>

a provocar un brote de enfermedad. El problema es que vivimos en un mundo hiperconectado donde se ha demostrado que no hay fronteras capaces de parar a los microorganismos y eso tiene como consecuencia que vivamos en un mundo donde el riesgo bio es global. Solo hay que recordar el COVID-19 para confirmarlo⁹.

A efectos de establecer el marco conceptual hay que distinguir entre peligro, riesgo y amenaza (fig. 2). En este sentido hay que ser consciente que los microorganismos patógenos constituyen un peligro para los seres humanos, los animales y las plantas ya que pueden provocar un daño en ellos¹⁰.

En función de la probabilidad de que se produzca el daño el riesgo será mayor o menor en función del tipo y clase de microorganismos de que se trate, letal o incapacitante, así como de los medios de protección y medidas a adoptar para reducir ese riesgo. Se relaciona con los brotes de origen natural o accidental sin la intervención consciente del hombre.

Por otro lado, la amenaza se relaciona con la diseminación intencionada o la intimidación de diseminación, de un agente biológico. Se relaciona con los brotes de origen provocado por parte

⁹ Karesh, W. B., et al. (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *The Lancet*. 380:1936-1945.

¹⁰ Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC). Diferencia entre peligro y riesgo (infografía). EUFIC [pág. web]. 01 mar. 2017. Disponible en: https://www.eufic.org/images/uploads/understanding-science/Hazard_Vs_Risk_-_Print_-_es.pdf

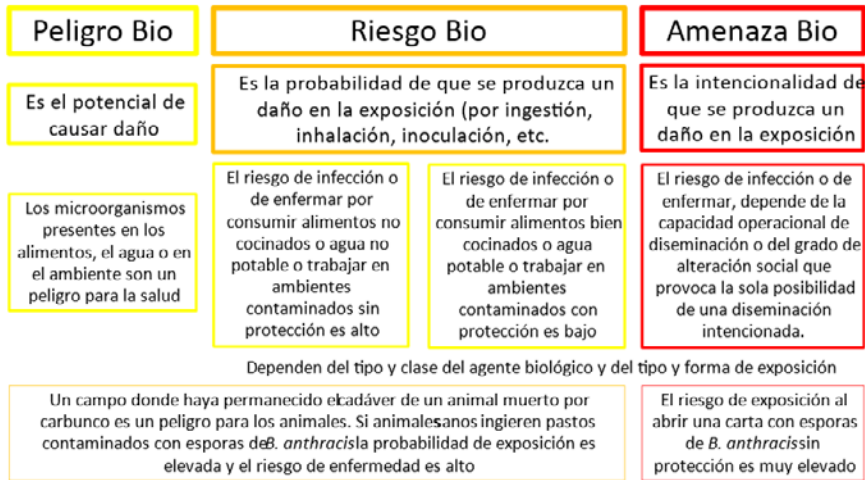


Fig. 2 Diferencia entre peligro, riesgo y amenaza (modificado del Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC))

de actores estatales o no, con finalidad bélica, terrorista o criminal en función de cual sea el objetivo último del causante.

2. Riesgo bio

El riesgo bio viene derivado del cambio radical en nuestra manera de vivir, vivimos en un mundo globalizado e hiperpoblado, donde las fronteras cada vez son más tenues y el movimiento de personas y mercancías es prácticamente instantáneo, más si cabe derivado del tráfico ilegal de animales y sus productos (compañía, silvestres y sus productos animales), los cuales constituyen uno de los factores que más influye en la emergencia de enfermedades zoonóticas^{11,12,13,14}.

¹¹ World Health Organization. (2019). A world at risk: annual report on global preparedness for health emergencies. Global Preparedness Monitoring Board. Geneva. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <https://reliefweb.int/report/world/world-risk-annual-report-global-preparedness-health-emergencies-global-preparedness>

¹² Friend, M. (2006). Disease Emergence and Resurgence: The Wildlife-Human Connection. Circular 1285. U.S. Geological Survey. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/circ/1285/cir1285.pdf>

¹³ World Organization for Animal Health. (2015). Biological Threat Reduction Strategy, Strengthening Global Biological Security. Disponible en: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Our_scientific_expertise/docs/pdf/A_Biological_Threat_Reduction_Strategy_jan2012.pdf

¹⁴ Van Roon, A., et al. (2019). Live exotic animals legally and illegally imported via the main Dutch airport and considerations for public health. *PLoS ONE*. 14:e0220122. doi: 10.1371/journal.pone.0220122

La globalización, la urbanización del medio, el no acceso al agua potable, entre otros factores, en los que se incluye el incremento de las resistencias antimicrobianas, determinan un incremento del riesgo biológico a nivel mundial (fig. 3). En relación con la resistencia a los antimicrobianos hay que tener en cuenta que supone una de las mayores amenazas para la salud y el desarrollo mundial. De hecho, la Organización Mundial de la Salud ha declarado que «la resistencia a los antimicrobianos es una de las 10 principales amenazas de salud pública a la que se enfrenta la humanidad»¹⁵.



Fig. 3. Factores que afectan a la emergencia y/o reemergencia de las enfermedades

Estos factores «actúan» bien por sí mismos o de manera interrelacionada, incluso potenciados entre sí, en la aparición de nuevos agentes infecciosos transmisibles que dan lugar a la emergencia de enfermedades hasta ahora desconocidas en un área donde antes no estaba presente o se ignoraba su existencia. O en función de las condiciones ecológicas participar en la reemergencia de enfermedades que habían conseguido ser erradicadas en determinadas áreas derivada de cambios ecológicos, sociosanitarios o derivados de la aparición de gérmenes resistentes a los tratamientos médicos. Sirva de ejemplo el incremento de enfermedades de transmisión vectorial por la colonización y desarrollo

¹⁵ Organización Mundial de la Salud. (13 oct. 2020). Resistencia a los antimicrobianos. Nota descriptiva. Organización Mundial de la Salud [pág. web]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

de vectores artrópodos en áreas donde se habían eliminado o ahora se dan las condiciones ecológicas adecuadas para su desarrollo influenciado por el calentamiento global¹⁶. El incremento de la prevalencia del virus del Nilo Occidental en España relacionado con la colonización y difusión del mosquito *Aedes albopictus* constituyen ejemplos de riesgos biológicos al que tenemos que hacer frente¹⁷. Debiendo extremar la vigilancia para realizar una adecuada evaluación del riesgo¹⁸.

La epidemia de ébola de 2014 es un claro ejemplo de riesgo al expandirse sin control la enfermedad en las familias, dejando a miles de niños sin padres, alterándose las estructuras familiares clásicas, lo cual sin ninguna duda está provocando consecuencias sociales y económicas que pudieran afectar a la seguridad^{19,20,21}. Ese ambiente de inseguridad o de conflicto provoca que no se puedan adoptar los programas de control de enfermedades, que se impida desplegar equipos sanitarios, la República Democrática del Congo es un ejemplo paradigmático de cómo un brote de enfermedad puede afectar al control de las enfermedades²².

No pudiendo dejar de referirnos, como un aspecto diferenciado, pero muy relevante en relación con el incremento del riesgo bio es el derivado de la posibilidad de generación de un brote como consecuencia de una emisión accidental desde una instalación donde se procesen o almacenen agentes biológicos, siendo el

¹⁶ Division of Global Health Protection. (2017). Why It Matters: The Pandemic Threat. *Division of Global Health Protection Winter 2017*. Issue 26. Disponible en: <https://www.cdc.gov/globalhealth/healthprotection/fieldupdates/winter-2017/why-it-matters.html>

¹⁷ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fiebre del Nilo Occidental [pág. web]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/fiebre-nilo-occidental/F_O_Nilo.aspx#prettyPhoto

¹⁸ Rebollo García, L., et al. (2021). Las enfermedades emergentes y reemergentes del siglo XXI. *SANUM*. 5(1):48-61.

¹⁹ Kaira, S., et al. (2014). The Emergence of Ebola as a Global Health Security Threat: From 'Lessons Learned' to Coordinated Multilateral Containment Efforts. *J Global Infect Dis*. 6(4): 164-177. doi: 10.4103/0974-777X.145247

²⁰ Ziraba, A. (21 ago. 2019). How outbreaks like Ebola extract huge social and economic costs. *The conversation* (edición online). Disponible en: <https://theconversation.com/how-outbreaks-like-ebola-extract-huge-social-and-economic-costs-121832>

²¹ Back, G., et al. (January 2000). Contagion and Conflict: Health as a Global Security Challenge Center for the Strategic. A report of the Chemical and Biological Arms Control Institute and the CSIS International Security Program. Project Codirectors Michael moodie, William J. Taylor. Whashington DC, Center for Strategic and International Studies.

²² International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (28 abr. 22). Emergency Plan of Action (EPoA) DRC: Plague outbreak in Ituri. Disponible en: <https://adore.ifrc.org/Download.aspx?FileId=522450>

incidente de *Lanzhou* un ejemplo relevante de ello que demuestra la necesidad de fortalecer los niveles y medidas de bioseguridad en las instalaciones donde se manejen agentes biológicos, ya que las consecuencias sanitarias pueden ser desastrosas.

La investigación realizada en una instalación dedicada a la producción de vacuna frente a la brucelosis determinó que entre julio y agosto de 2019, como consecuencia de unos inadecuados procesos de higiene se emitieron al ambiente microorganismos viables. Como consecuencia de la emisión se infectaron al menos 10.000 personas que vivían alrededor de la instalación²³.

A finales de 2021, una asistente de laboratorio contrajo, como consecuencia de fallos de bioseguridad relacionados con la formación insuficiente del personal y la no utilización del equipo de protección individual, una variante Delta del COVID-19 con la que estaba trabajando y que no estaba circulando entre la población del área circundante. Como resultado del contagio fueron investigados 110 contactos estrechos y otros 337 con relación al caso dieron negativo^{24,25}.

Lo relevante de este caso es que en el laboratorio se trabajaba con una variante del virus no circulante en el área. Lo cual, en caso de haberse diseminado entre la población, podría haber tenido un impacto epidemiológico indeterminado. Además, hay incertidumbre, a pesar de los desmentidos de la institución acerca de las investigaciones relacionadas con la ganancia de función del virus que se realizaban en el laboratorio. De ahí deriva la necesidad de potenciar las medidas de bioseguridad y la formación del personal que trabaja con agentes biológicos, ya que en caso de escape o de infección de algún trabajador las consecuencias pueden ser impredecibles, más cuando se trabaja o investiga con materiales o agentes de doble uso o, incluso en programas de guerra biológica²⁶.

²³ Pappas, G. (2022). The Lanzhou Brucella Leak: The Largest Laboratory Accident in the History of Infectious Diseases? *Clin Infect Dis*. Jun 8;ciac463. doi: 10.1093/cid/ciac463.

²⁴ Silver, A. (24 ene. 2022). Taiwan's science academy fined for biosafety lapses after lab worker contracts COVID-19. *Science.org* [pág. web]. Disponible en: <https://www.science.org/content/article/taiwan-s-science-academy-fined-biosafety-lapses-after-lab-worker-contracts-covid-19>

²⁵ Field, M. (25 ene. 2022). A lab assistant involved in COVID-19 research in Taiwan exposed 110 people after becoming infected at work. *Bulletin of the Atomic Scientists* [pág. web]. Disponible en: <https://thebulletin.org/2022/01/a-lab-assistant-involved-in-covid-19-research-in-taiwan-exposed-110-people-after-becoming-infected-at-work/>

²⁶ Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades - CDC. El doble uso de la investigación y la influenza aviar: preguntas y respuestas. *CDC* [pág. web]. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/flu/avianflu/avian-durc-qa.htm>

En este punto no se puede dejar de citar que el riesgo bio no solo se refiere al riesgo biológico «humano», sino que hay otros agentes infecciosos, algunos con riesgo zoonótico, que afectan a las plantas y a los animales que pueden tener consecuencias en la estabilidad regional o incluso global derivadas de una menor producción agroganadera que afecte a la seguridad alimentaria^{27,28}.

La pérdida de biodiversidad, junto con el calentamiento y el mercado global están detrás de ese incremento del riesgo de que se produzca una pandemia vegetal, fundamentalmente por enfermedades víricas, bacterianas o fúngicas, que disminuyan el rendimiento y/o la calidad de las cosechas, que tenga consecuencias imprevisibles para la estabilidad regional, e incluso mundial derivada de la inseguridad alimentaria que pueden generar²⁹. Solo hay que pensar en la conflictividad social o en los movimientos de población generados por carestías o por el aumento de precios³⁰. *Xylella fastidiosa*, agente productor del «ébola del olivo», es uno de los agentes infecciosos que determinan la necesidad de prevenir, detectar y responder para reducir el riesgo de introducción de una plaga vegetal en un territorio³¹.

La peste porcina africana o la fiebre aftosa son solo dos ejemplos de enfermedad que, en caso de aparecer en nuestro territorio provocarían consecuencias brutales para la economía nacional³². Esto es debido a que la primera medida que se adoptaría a nivel

²⁷ IPPC Secretariat. (2020). Sanidad vegetal y salud alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7829es/I7829ES.pdf>

²⁸ García-Arenal Rodríguez, F. (5 dic. 2012). Impacto económico y social de las enfermedades emergentes en plantas. *Fundación Ramón Areces* [pág web]. Disponible en: <https://www.fundacionareces.es/fundacionareces/es/comunicacion/blog/impacto-economico-y-social-de-las-enfermedades-emergentes-en-plantas.html>

²⁹ Jones, R. A. C. (2021). Global Plant Virus Disease Pandemics and Epidemics. *Plants*. 10(233) https://doi.org/10.3390/plants10_020233

³⁰ Inter Press Service. (27 sep. 2012). ALIMENTACIÓN: Primavera Árabe brinda pistas para evitar crisis. *Inter Press Service* [pág. web]. Disponible en: <https://ipsnoticias.net/2012/09/alimentacion-primavera-arabe-brinda-pistas-para-evitar-crisis/>

³¹ Sevilla, I. (8 oct. 2021). Andalucía pide ayuda a los viajeros para prevenir las pandemias vegetales. *NIUS diario* (ed. digital). Disponible en: https://www.niusdiario.es/espana/andalucia/andalucia-pide-ayuda-viajeros-prevenir-pandemias-vegetales_18_3184397213.html

³² Cique Moya, A. (3 dic. 2018). Virus de la peste porcina africana: el enemigo en el corazón de Europa. Instituto Español de Estudios Estratégicos. *Documento de Opinión 124/2018*. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2018/DIEEO124_2018ALBCIQ-VPPA.pdf

internacional sería el cese de las exportaciones para cualquier tipo de carne española, lo cual unido al sacrificio asociado de los animales de las granjas adyacentes provocaría pérdidas incalculables, sin olvidar el impacto medioambiental y la inseguridad alimentaria que podría derivarse de la adopción de las medidas de control^{33,34,35}.

Desde que en 1997 se declarara el primer caso humano de influenza aviar, el virus H5N1 se ha diseminado por todo el mundo aprovechando la globalización y el mercado internacional, las rutas migratorias de las aves silvestres y el tipo de producción avícola³⁶. El carácter zoonótico de la enfermedad desde las aves a los seres humanos tiene un carácter esporádico, favorecido por un contacto estrecho con aves infectadas o en entornos muy contaminados. Pero en función de la circulación continua de varios subtipos, los brotes de influenza aviar constituyen una preocupación constante para la salud pública a nivel global que determina la existencia de planes de vigilancia específicos frente a ella³⁷.

El riesgo bio no solo lleva aparejado consecuencias sociosanitarias, sino que tiene consecuencias directas en la seguridad. Razón por la cual debemos de prepararnos frente a lo improbable ya que entran de lleno en lo que se conoce como eventos de «baja probabilidad, alto impacto»³⁸. El problema es que el

³³ Knight-Jones, T.J. y Rushton, J. (2013). The economic impacts of foot and mouth disease – What are they, how big are they and where do they occur? *Preventive Veterinary Medicine*. 112(3-4):161-173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.07.013>

³⁴ Diario Veterinario. (31 jul. 2019). Las consecuencias de un foco de fiebre aftosa pueden ser «brutales». *Diario Veterinario* (edición online). Disponible en: <https://www.diarioveterinario.com/t/1492338/consecuencias-foco-fiebre-aftosa-pueden-brutales>

³⁵ Berthe, F. (2020). El impacto económico mundial de la peste porcina africana. *Boletín Panorama Organización Mundial de Sanidad Animal*. 21:23-24. Disponible en: <https://bulletin.woah.org/wp-content/uploads/bulletins/panorama-2020-1-es.pdf>.

³⁶ Organización Mundial de Sanidad Animal. (2022). Influenza aviar. *Organización Mundial de Sanidad Animal* [pág. web]. Disponible en: <https://www.woah.org/es/enfermedad/influenza-aviar/>

³⁷ Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad. (22 de marzo de 2022). Actualización situación de influenza aviar de alta patogenicidad. (IAAP) H5N1 en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/iaapactualizacionfocos22_03_2022_tcm30-615175.pdf

³⁸ Magariño Abreus, L. A., et al. (2021). Contribución del sector de la salud a la seguridad nacional e internacional. 2.º Congreso Virtual de Ciencias Básicas Biomédicas en Granma – Manzanillo. Disponible en: <https://cibamanz2021.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2021/paper/view/72/57>

impacto en ocasiones es brutal, solo hay que recordar a los muertos por la COVID-19 para mostrarnos que la realidad va más allá que la ficción³⁹.

El mundo no estaba preparado para la llegada del SARS CoV2 y aún hoy en día sufrimos las consecuencias desastrosas que la pandemia ha provocado, tanto desde el punto de vista sociosanitario como de la seguridad, ya que las enfermedades, como bien hemos aprendido, no entienden de fronteras. Hasta hace unos pocos años, previamente a la aparición de la COVID-19 solo unas pocas personas nos avisaban de que debíamos hacer un esfuerzo de preparación frente a la llegada de la enfermedad «X», instando a los gobernantes a realizar un esfuerzo de preparación para hacer frente a las posibles consecuencias del riesgo⁴⁰. En definitiva «prepararnos frente a lo improbable».

Todo lo anterior determina que el mundo está en grave riesgo de ser devastado por epidemias regionales o pandemias que no solo causarán pérdidas de vidas, sino que alterarán la economía y provocarán el caos social⁴¹.

Si lo anterior no fuera suficiente, vivimos en un mundo hiperinformado donde raro es el día donde no aparece una noticia de prensa de un brote de enfermedad desconocida; muchas de ellas saltan prácticamente a las portadas, aunque días después, conforme se conocen más detalles de la investigación se lee, pero ya en páginas interiores, que el riesgo no era tan elevado, solo hay que recordar las noticias relacionadas con el henipavirus de *Langya* para comprobarlo^{42,43}.

³⁹ BBC News. (17 sep 2014). Obama says Ebola outbreak a 'global security threat'. *BBC news* [pág. web]. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-29231400>

⁴⁰ Loria, K. (28 dic. 2018). Bill Gates thinks a coming disease could kill 30 million people within 6 months. *Science alert*. Disponible en: <https://www.sciencealert.com/bill-gates-warns-a-new-disease-could-kill-30-million-people-in-6-months>

⁴¹ Global Preparedness Monitoring Board. (2019). A world at risk: annual report on global preparedness for health emergencies. Geneva, World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: https://www.gpmb.org/docs/libraries-provider17/default-document-library/annual-reports/gpmb-2019-annualreport-en.pdf?sfvrsn=bd1b8933_36

⁴² Lázaro, R. (11 ago. 2022). Así son los síntomas de Langya, el nuevo virus detectado en China. *Redacción Médica* (edición online). Disponible en: <https://www.redaccionmedica.com/secciones/sanidad-hoy/asi-son-los-sintomas-de-langya-el-nuevo-virus-detectado-en-china-5479>

⁴³ López Goñi, I. (22 ago. 2022). No, el nuevo virus Langya no ha causado un brote en China y no supone una amenaza pandémica (de momento). *The Conversation* (edición online). Disponible en: <https://theconversation.com/no-el-nuevo-virus-lang->

En relación con esto, debemos tener en cuenta que ese estado de hiperinformación es aprovechado por actores estatales y no estatales para generar estados de opinión gracias a campañas de desinformación, lo que en inglés se conoce como *disinformation*, donde se difunde información deliberadamente engañosa o sesgada con fines desestabilizadores dentro de una campaña orquestada de comunicación que entra de lleno en la zona gris. Solo hay que pensar en la campaña llevada a cabo para «convencer/crear un estado de opinión», en definitiva, crear dudas, acerca de la misión real de los laboratorios ucranianos como instalaciones donde se llevaba a cabo un programa biológico encubierto^{44,45}, llevando sus acusaciones incluso al Consejo de Seguridad de Naciones Unidas, tergiversando resultados de investigaciones conjuntas con investigadores alemanes^{46,47}.

Hay que tener en cuenta respecto a estas acusaciones que no son nuevas, sino parte de una vieja estrategia rusa de generar dudas respecto a las capacidades reales de laboratorios de investigación, fundamentalmente apoyados por los Estados Unidos en las antiguas repúblicas soviéticas, como es el caso de Georgia, aludiendo incluso a promover el artículo V de la CABT aprovechando que no existe un mecanismo de verificación y las medidas de apoyo a la confianza se basan en la buena fe de los gobiernos. Sin olvidar que hay sectores de la sociedad que están dispuestos a dar pábulo al rumor^{48,49}.

ya-no-ha-causado-un-brote-en-china-y-no-supone-una-amenaza-pandemica-de-momento-189149

⁴⁴ Chappell, B. y Yousef, O. (25 mar. 2022). How the false Russian biolab story came to circulate among the U.S. far right. *NPR* [pág. web]. Disponible en: <https://www.npr.org/2022/03/25/1087910880/biological-weapons-far-right-russia-ukraine>

⁴⁵ Ling, J. (2 mar. 2022). False Claims of U.S. Biowarfare Labs in Ukraine Grip QAnon. *Foreign Policy* (ed. online). Disponible en: <https://foreignpolicy.com/2022/03/02/ukraine-biolabs-conspiracy-theory-qanon/>

⁴⁶ Curry, A. (2022). Ukrainian bat study spun into tale of bioweapons. 375(6587):1330. <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abq1708>

⁴⁷ Lentzos, F. y Littlewood, J. (8 jul. 2022). Russia finds another stage for the Ukraine «biolabs» disinformation show. *Bulletin of the Atomic Scientists* [pág. web]. Disponible en: <https://thebulletin.org/2022/07/russia-finds-another-stage-for-the-ukraine-biolabs-disinformation-show/>

⁴⁸ Lentzos, F. (19 nov. 2018). The Russian disinformation attack that poses a biological danger. *Bulletin of the Atomic Scientists* [pág. web]. Disponible en: <https://thebulletin.org/2018/11/the-russian-disinformation-attack-that-poses-a-biological-danger/>

⁴⁹ Pérez Mellado, R. y Escauriaza Leal, R. Convención para la prohibición de las armas biológicas: una herramienta para la seguridad internacional. Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/Divulgacion%20CABT_tcm30-190285.pdf

La pandemia no ha sido ajena a esas campañas de desinformación, tenemos que ser conscientes que hemos estado sometidos a información y noticias falsas con contenidos engañosos, elaborados a propósito, con un marcado carácter sensacionalista imitando la forma de las noticias principales (*fake news*) aprovechando el impacto que generan las redes sociales. Solo hay que pensar en cómo la COVID-19 ha provocado «una infodemia masiva, es decir, de una cantidad excesiva de información —en algunos casos correcta, en otros no— que dificulta que las personas encuentren fuentes confiables y orientación fidedigna cuando las necesitan». Esto motiva la necesidad de analizar el riesgo desde una aproximación científico-técnica que se aleje de los titulares de prensa y, fundamentalmente de las redes sociales^{50,51,52,53,54}.

Algunas de las principales consecuencias de las campañas de desinformación son la pérdida de confianza en las respuestas gubernamentales, generación de estados de opinión contra el gobierno o contra determinadas minorías, que incluso pueden desembocar en actos violentos a merced de una exacerbación de los movimientos políticos existentes en un escenario de empleo de estrategias no convencionales o híbridas con el objetivo último de desestabilizar, deslegitimar o afectar a los intereses nacionales^{55,56}.

No pudiéndose establecer, la mayor de las veces, una frontera clara entre riesgo y amenaza porque los límites en determinadas circunstancias son difusos y de acuerdo con el enfoque que se pretenda pueden considerarse prácticamente sinónimos. Esto es así porque

⁵⁰ Ortega, A. (5 dic. 2017). Campañas de desinformación: la debilidad de la desconfianza. *Real Instituto Elcano* [pág. web]. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/campanas-desinformacion-debilidad-desconfianza/>

⁵¹ Zarocostas, J. (2020). How to fight an infodemic. *The Lancet*. 395(10225), 676.

⁵² Nieves Ramos, G. M. (Febrero 2022). Herramientas ante estrategias híbridas. *Revista Española de Defensa* Pp. 38-39.

⁵³ Organización Mundial de la Salud. Aplanemos la curva de la infodemia. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/spotlight/let-s-flatten-the-infodemic-curve>

⁵⁴ Galán, C. (3 dic. 2021). Las campañas de desinformación y la responsabilidad de las redes y plataformas de comunicación: el caso de Telegram. *Real Instituto Elcano* [pág. web]. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/las-campanas-de-desinformacion-y-la-responsabilidad-de-las-redes-y-plataformas-de-comunicacion-el-caso-de-telegram/>

⁵⁵ Bernard, R., et al. (2021). Disinformation and Epidemics: Anticipating the Next Phase of Biowarfare. *Health Security*. 19(1):3-12. doi: 10.1089/hs.2020.0038 3-12

⁵⁶ Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos. (Abril 2020). Nota conceptual «Operaciones multidominio». Centro de Estudios Superior de la Defensa Nacional. Disponible en: https://emad.defensa.gob.es/Galerias/CCDC/files/OPERACIONES_MULTIDOMINIO.PDF

las consecuencias últimas son las mismas, es decir, un brote de enfermedad epidémico o pandémico en función del tipo y clase de agente causal y del nivel de preparación y respuesta establecido.

Sverdlovsk es un caso particular porque se podría considerar como un riesgo o como una amenaza en función del criterio que se aplicara. Así, si se enfatiza en que fue un escape accidental derivado de un fallo de procedimiento de un operario podría considerarse como un riesgo. O, por el contrario, podría considerarse como un ejemplo claro de amenaza debido a que la emisión se produjo desde una instalación militar encubierta de producción de esporas de *B. anthracis*. Este hecho, como bien puede suponerse, supuso una vulneración de la comúnmente conocida como Convención de Armas Biológicas y Toxínicas (CABT) por parte de la Unión Soviética, incidente que pasó desapercibido a pesar de que había sospechas fundadas de que se había producido un escape accidental. Teniendo que esperar hasta 1992 a que el presidente Yeltsin declarara como cierto lo que todo el mundo suponía⁵⁷.

Resulta relevante destacar que, si en vez de haberse diseminado un agente no transmisible se hubiera diseminado uno transmisible, como por ejemplo viruela, las consecuencias podrían haber sido globales. Aunque no se puede olvidar que si el incidente se hubiera conocido en tiempo y forma las consecuencias para la paz mundial podrían haber resultado devastadoras desde el punto de vista geoestratégico.

La preparación frente a la posibilidad de sufrir un incidente bio o una emergencia sanitaria, de origen natural, accidental o intencionado, se debe de plantear a todos los niveles, desde el nivel local hasta el nivel nacional e internacional, ya que contribuirá sin ninguna duda a la seguridad y a la salud de los ciudadanos, resultando preciso establecer una estrategia de biopreparación y biorepuesta. En definitiva, una estrategia de biodefensa (si se permite el anglicismo) para hacer frente al riesgo y la amenaza bio.

La colaboración internacional relacionada con el establecimiento de un sistema de detección y respuesta es la base de la protección y, por ende, de la seguridad global, máxime cuando nos enfrentamos a enfermedades pandémicas, o mejor aún, cuando nos preparamos frente a ellas cuando aún no se han producido.

⁵⁷ Meselson, M., et al. (1994). The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. *Science*. 266:1202-1208.

Sirva de ejemplo la vigilancia global frente al virus influenza o el plan nacional frente a gripe pandémica que es un ejemplo de plan de preparación y respuesta en un contexto estratégico de lucha contra la gripe de carácter pandémico o cualquier brote epidémico de una enfermedad emergente donde se desconoce la evolución que puede tener. Solo hay que comparar el impacto que tuvo el síndrome respiratorio agudo grave (SARS por sus siglas en inglés) con el impacto que está teniendo la COVID-19⁵⁸.

3. Amenaza bio

Nuestra sociedad está sometida a diferentes tipos de riesgos y amenazas de tipo biológico (bio), unos percibidos como tales y otros, la gran mayoría, no somos conscientes de cómo podrían afectarnos. Pudiendo establecerse, si se permite la licencia, que una de las razones de ser de nuestra seguridad y defensa viene derivada del peligro bio, ya sea por el riesgo biológico de enfermedades endémicas, emergentes y reemergentes de origen natural o de la amenaza biológica generada por actores estatales y no estatales que están dispuestos a emplear de manera intencionada agentes biológicos o a amenazar con su empleo constituyen una realidad que tenemos que afrontar^{59,60,61}.

La amenaza bio afecta a nuestro modo de vida y a nuestra libertad, o lo que es lo mismo, afecta a nuestra seguridad de manera integral, desde la seguridad económica hasta la seguridad política, pasando por la alimentaria, la sanitaria, la personal, la comunitaria. Todas ellas imbricadas en el concepto más amplio

⁵⁸ Lee, J. W. y McKibbin, W. J. (2004). Estimating the Global Economic Costs of SARS. In: Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats; Knobler, S., et al. (eds.). *Learning from SARS: Preparing for the Next Disease Outbreak: Workshop Summary*. Washington (DC), National Academies Press (US). Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92462/pdf/Bookshelf_NBK92462.pdf

⁵⁹ Mowatt-Larssen, R. (Jan. 2010). Al Qaeda Weapons of Mass Destruction Threat: Hype or Reality? Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School. Disponible en: <https://www.belfercenter.org/publication/al-qaeda-weapons-mass-destruction-threat-hype-or-reality>

⁶⁰ Inglesby, T. (20 nov. 2019). Biological Threats to US National Security United States Senate Committee on Armed Services. Subcommittee on Emerging Threats and Capabilities. Disponible en: <https://www.centerforhealthsecurity.org/our-work/testimony-briefings/pdfs/191120-Testimony-to-SASC-Inglesby.pdf>

⁶¹ Parachini, J. V. y Gunaratna, R. (2022). *Implications of the Pandemic for Terrorist Interest in Biological Weapons Islamic State and al-Qaeda Pandemic Case Studies*. RAND Corporation.

de seguridad humana, la cual se relaciona de manera directa con los objetivos de desarrollo sostenible^{62,63,64,,65}.

Siendo uno de los problemas al que nos enfrentamos o, mejor dicho, nos enfrentábamos, ya que la COVID-19 ha cambiado la percepción del riesgo frente a las enfermedades, tengan el origen que tengan, es que solo unos pocos eran conscientes del riesgo que supone no estar preparados frente a lo improbable, máxime cuando hay actores estatales y no estatales dispuestos a utilizar agentes biológicos, modificados o no, para alcanzar sus objetivos⁶⁶.

Ese desconocimiento, o incluso la falta de un análisis crítico de la información disponible, hace que suframos las consecuencias de «cisnes negros» que alteran nuestras vidas sin estar preparados porque carecemos de las herramientas o no tenemos el marco estratégico que determina los principios de respuesta y las líneas de acción para enfrentarnos con garantías de éxito a esos eventos que no habían sido tenidos en cuenta, fundamentalmente los de origen biológico⁶⁷.

Vivimos en un mundo interdependiente donde no hay hechos aislados, lo que sucede en Nigeria, China, Estados Unidos o Alemania tiene consecuencias inmediatas en nuestras vidas, aunque no las percibamos conforme se están produciendo. Demostrándose que el «efecto mariposa» es una realidad con la que tenemos que vivir y aprender para prepararnos frente a lo improbable ya que las consecuencias son inmediatas e impredecibles, tanto desde el punto de vista económico, como en lo social y, sin ninguna

⁶² Lens Blanco, A. J. (2021). Seguridad humana. *Revista Española de Defensa*. 384:50-53.

⁶³ Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*. 50:370-396.

⁶⁴ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (1994). Informe sobre desarrollo humano 1994:3. Disponible en: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-1994>

⁶⁵ Organización para la Seguridad y la Cooperación Europea. (22 mar. 2017). Desarrollo sostenible y seguridad – El programa mundial y su reflejo en la OSCE. *Organización para la Seguridad y la Cooperación Europea* [pág. web]. Disponible en: <https://www.osce.org/es/magazine/326656>

⁶⁶ Torres Soriano, M. R. (8 may. 2020). La percepción del riesgo después de la pandemia. *Documento de Opinión 52/2020*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieeee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2020/DIEEE052_2020MANTOR_riesgo.pdf

⁶⁷ Cique Moya, A. (25 feb. 2020). Cuando los cisnes negros transmutan en coronavirus (y se convierten de desafíos a la seguridad). *Documento Informativo 12/2020*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieeee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2020/DIEEEI12_2020ALBCIQ_coronavirus.pdf

duda, en la seguridad. Solo tenemos que pensar en los filovirus, en los coronavirus o incluso en el carbunco o en la ricina para corroborarlo^{68,69,70,71}.

De hecho y continuando con la idea anterior, vivimos en un mundo inseguro en el sentido más amplio del concepto, bien sea por los conflictos armados, bien sea por las desigualdades sociales, bien sea por vivir en un mundo sin fronteras donde las distancias no existen a merced de los movimientos de personas, animales y mercancías, hechos que son aprovechados por los microorganismos para ocupar su nicho ecológico, contribuyendo así sin ninguna duda al incremento del riesgo. Esto conlleva que lo que antes era un brote epidémico focalizado autolimitado en un área determinada ahora pueda convertirse, como así ha sido, en un desastre global. Solo hay que pensar en la difusión del cólera en el mundo y, su impacto en Sudamérica en 1991, la epidemia de ébola de 2014, o la viruela del mono en 2022, entre otras muchas enfermedades para destacar que el concepto *Una Sola Salud* es determinante para hacer frente al riesgo y la amenaza biológica. Esto es así porque la salud humana y la salud animal están relacionadas y ambas a su vez son interdependientes con el medioambiente^{72,73}.

Esa vida plagada de peligros de origen biológico de origen natural conlleva que vivamos bajo un riesgo biológico con-

⁶⁸ Jaramillo Antillón, J. (31 ene. 2022). El efecto del aleteo de una mariposa. La pandemia viral y la teoría del caos (edición digital). Disponible en: <https://www.meer.com/es/68440-el-efecto-del-aleteo-de-una-mariposa>

⁶⁹ Katugampola, N. (2020). El efecto mariposa y el COVID-19: seis repercusiones para la inversión sostenible en un mundo interconectado. *Morgan Stanley Investment Managemen*. Disponible en: https://www.morganstanley.com/im/publication/insights/articles/article_thebutterflyeffect_es.pdf

⁷⁰ World Health Organization. (22 jul. 2022). Marburg virus – Ghana. Outbreak at a glance. *World health Organization* (pág. web). Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2022-DON402>

⁷¹ AFP. (26 mar 2020). Tunisian handed ten years for ricin bomb plot in Germany 26 mar. *France24* (pág. web). Disponible en: <https://www.france24.com/en/20200326-tunisian-handed-ten-years-for-ricin-bomb-plot-in-germany>

⁷² Soto, S. (6 abr. 2021). One Health (una sola salud) o cómo lograr a la vez una salud óptima para las personas, los animales y nuestro planeta. *Instituto de Salud global - ISGlobal* [pág. web]. Disponible en: <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/one-health-una-sola-salud-o-como-lograr-a-la-vez-una-salud-optima-para-las-personas-los-animales-y-nuestro-planeta/90586/0>

⁷³ Ochoa, R. (16 mar. 2020). El Perú en los tiempos del cólera. *Diario La República* (edición online). Disponible en: <https://larepublica.pe/sociedad/2020/03/16/epidemias-y-enfermedades-el-peru-en-los-tiempos-del-colera/>

tinuo, complicándose el escenario más si cabe por la acción consciente o inconsciente del hombre. Lo cual determina que ese riesgo de carácter probabilístico se transforme en una amenaza, ya sea por el empleo de agentes biológicos en un contexto militar de guerra biológica; en un contexto criminal utilizado como arma; o en un contexto terrorista, ya se trate de bioterrorismo cuando el objetivo sea el ciudadano o de agroterrorismo, cuando el objetivo sea el sector primario, bien la agricultura o bien la ganadería. Resultando fundamental hacer un esfuerzo de preparación a todos los niveles para reducir la amenaza bio⁷⁴.

La pandemia nos ha mostrado que el riesgo de un evento biológico catastrófico es real, más ahora cuando la libre difusión del conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías de biología molecular hacen más sencillo, económico y rápido modificar o crear nuevos agentes patógenos⁷⁵. Estos factores determinan que vivamos en un contexto de inseguridad donde la posibilidad de uso intencionado de agentes biológicos por parte de actores estatales y no estatales, para alcanzar sus objetivos, es una realidad contra la que debemos de prepararnos para reducir, minimizar o anular esta amenaza.

Al igual que el riesgo bio no se circunscribe exclusivamente a lo «humano», la amenaza bio no se ciñe a las personas, sino que también afecta a los animales o a las plantas, amenazando más si cabe a la seguridad en su acepción más amplia, ya que han sido numerosos los países que se han planteado/llevado a la realidad iniciar programas biológicos que afectaran a animales o a plantas una posibilidad de alcanzar sus objetivos estratégicos en un contexto de guerra biológica⁷⁶.

Una de las ventajas del empleo de agentes biológicos, si así pudiera considerarse, es que resulta complicado diferenciar en las primeras fases de un brote, uno de origen natural de uno provocado, resultando fundamental reconocer las claves epidemiológicas tal cual se ha podido leer en otros capítulos

⁷⁴ Nudelman, M. (18 feb. 2017). Bill Gates: A new kind of terrorism could wipe out 30 million people in less than a year — and we are not prepared. Bill Gates, Bill & Melinda Gates Foundation. *Business Insider* (pág. web). Disponible en: <https://www.businessinsider.com/bill-gates-op-ed-bio-terrorism-epidemic-world-threat-2017-2?IR=T>

⁷⁵ Nuclear Threat Initiative - NTI. Covid-19. *NTI* [pág. web]. Disponible en: <https://www.nti.org/area/covid-19/>

⁷⁶ Pita, R. (2011). *Armas biológicas. Una historia de grandes engaños y errores*. Plaza y Valdés Ed. Pp. 104-107.

de este cuaderno. Para lo cual hay que identificar mediante análisis de inteligencia los entornos potencialmente hostiles. Siendo la aparición de artrópodos vectores fuera de su estación uno de esos determinantes epidemiológicos que permitirían establecer que se ha producido un acto intencionado. O desde otra aproximación, presentaciones atípicas de enfermedades, como en los casos primarios de peste neumónica o de carbunco respiratorio.

4. Gestión del peligro bio

La gestión del peligro bio de origen natural, accidental o intencionado se entiende desde una aproximación conjunta civico-militar (relacionada con la norma ISO 31000:2018.) como la acción combinada de dos elementos interdependientes e interconectados. Por un lado, la posibilidad o plausibilidad de que se produzca un incidente bio y por otro, el impacto que puede provocar. En este sentido, la gestión del peligro serían las actividades coordinadas para dirigir y controlar dentro de la estructura, sea cual sea esta, dicho peligro⁷⁷.

- La probabilidad o plausibilidad de que se produzca un incidente bio viene determinada a su vez por la amenaza y por la vulnerabilidad.
 - o La amenaza, como se ha podido leer anteriormente, está en relación directa con la capacidad operacional de diseminación del agente biológico, es decir, con la capacidad del actor estatal y no estatal, de diseminar/utilizar con eficacia el agente biológico sobre el objetivo. Para ello, como se ha podido leer en otros capítulos, debe de disponer del agente biológico con la calidad y cantidad suficiente para poder diseminarlo, del sistema de diseminación o la forma de diseminación que le permita alcanzar el objetivo, así como de la intención de utilizarlo, que quizá sea uno de los factores determinantes que influyen en la amenaza. Aunque debemos tener siempre en consideración que «querer no es poder»⁷⁸.

⁷⁷ International Standardization Office. (2018). ISO31000:2018 (es) Gestión del riesgo — Directrices. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>

⁷⁸ Cique Moya, A. (3 dic. 2015). Capacidad biológica del Daesh: querer no es poder. *Documento de Opinión 130/2015*. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEO130-2015_CapacidadBiologicaDaesh_AlbertoCiqueMoya.pdf

- o La vulnerabilidad es el factor que determina las consecuencias potenciales de la diseminación/utilización de agentes biológicos. La vulnerabilidad comprende:
 - La vulnerabilidad individual, la cual depende sin lugar a duda del nivel de preparación del individuo, tanto en lo físico como en lo mental. Vulnerabilidad que se verá reflejada en el impacto social del conjunto de individuos.
 - La vulnerabilidad del equipamiento en relación con sus características de diseño y de funcionalidad.
 - La vulnerabilidad de las infraestructuras frente al agente diseminado depende al igual que el anterior, de las características de diseño y de funcionalidad, ya que no es lo mismo una infraestructura dotada con un sistema de filtros que impidan la entrada del agente, que una infraestructura donde se manejen, almacenen o procesen agentes ya que el filtro tiene por objetivo evitar que el agente salga de la instalación^{79,80}.
- El impacto de un incidente bio se entiende como el conjunto de consecuencias que originará un agente biológico en los diferentes niveles de respuesta y de organización. Si en el ámbito militar normalmente se refiere al impacto táctico, al operacional y al estratégico, debemos tener en cuenta que, en función de la entidad y tipo de incidente la afectación puede ser individual o colectiva. En esta última hay que tener en cuenta que en función del tipo y clase de agente el impacto puede ser local, regional, nacional e internacional.

En relación con el tipo y clase de agente dependerá de que se trate de un agente biológico letal (mortalidad >10 % sin tratamiento) que de uno incapacitante (mortalidad <10% sin tratamiento). En función de que se trate de uno u otro, el incidente generará consecuencias psicosociales en menor o mayor proporción en función del nivel de preparación general, el cual determina el grado de resiliencia de la sociedad.

⁷⁹ Center for Health Security. Protecting Building Occupants from Exposure to Biological Threats John Hopkins Bloomberg School of Public Health [pág. web]. Disponible en: https://www.centerforhealthsecurity.org/our-work/Center-projects/completed-projects/protecting_building_occupants/building_vulnerability.html

⁸⁰ Taylor, J., et al. (2013). The Role of Protection Measures and their Interaction in Determining Building Vulnerability and Resilience to Bioterrorism. *J Bioterr Biodef.* 4:123. doi: 10.4172/2157-2526.1000123

El impacto está relacionado con la capacidad de intervención y respuesta para realizar una adecuada gestión del incidente en los primeros momentos en los que se está generando. Lo cual significa la existencia de procedimientos operativos de respuesta coordinados entre los distintos servicios de intervención, sanitarios o no sanitarios (fig. 4).



Figura 4. Planes integrados de preparación y respuesta frente al peligro bio

El éxito de la intervención se basa en el establecimiento de un sistema de respuesta preparado para dar respuesta a los interrogantes que se generan cuando el incidente se encuentra en las primeras fases de este. Se relaciona de forma directa con el establecimiento de un sistema de vigilancia que detecte el agente diseminado, siempre teniendo en cuenta que generalmente será el personal sanitario el que detecte el incidente al constituir la primera línea de defensa, salvo que por parte de los servicios de información o de investigación de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad se haya averiguado que se va a producir un incidente.

Esos planes específicos se relacionan con riesgos o amenazas determinados, ya sea el plan nacional de preparación y respuesta frente a la gripe, las recomendaciones de actuación y respuesta ante la aparición de un caso o de un brote de viruela o la

gestión de un incidente de diseminación de viruela o de esporas de *Bacillus anthracis*^{81,82,83}.

Desde otra aproximación, hay que tener en cuenta que, en función del carácter zoonótico de alguno de los agentes biológicos, los veterinarios pueden generar la alarma al resultar afectados animales domésticos, silvestres, o incluso animales de compañía.

La importancia de la detección es tal, que en relación con el síndrome respiratorio agudo grave (SRAG – SARS por sus siglas en inglés) se manifestó que carecer de test rápidos de diagnóstico complicó la gestión de la emergencia sanitaria e influyó en su gestión de manera relevante, tanto en el ámbito sanitario como en el ámbito socioeconómico⁸⁴. Lo cual ha sido corroborado de manera clara en las primeras fases de la COVID-19 cuando se carecía de sistemas de identificación o de detección específica.

La COVID-19 nos ha enseñado que una sociedad preparada sufre en menor medida las consecuencias de un brote de enfermedad. Por otro lado, no se puede dejar de destacar que el impacto en el individuo o, en la sociedad donde vive, dependerá de la capacidad de preparación, de detección y de respuesta. Desde el desarrollo normativo, hasta la capacidad laboratorial, pasando por la capacidad industrial para producir desde equipos de protección individual, hasta la producción de contramedidas sanitarias, entre las que se incluye desde la quimioprofilaxis hasta los tratamientos, pasando por disponer de inmunoprofilaxis frente al agente causal.

⁸¹ Ministerio de Sanidad. (Mayo 2005). Plan nacional de preparación y respuesta frente a la gripe. *Ministerio de Sanidad* [pág. web]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfTransmisibles/pandemia/home.htm>

⁸² Instituto de Salud Carlos III. (2022). Recomendaciones de actuación y respuesta ante la aparición de un caso o de un brote de viruela (II). *Boletín Epidemiológico Semanal*. Semana: 24 del 09/06 al 15/06 de 2002. Centro Nacional de Epidemiología. Ministerio de Sanidad y Consumo. 10(14):137-148.

⁸³ Ponencia de alertas de salud pública y planes de preparación y respuesta. (16 jun 2015). Protocolo de actuación ante una liberación intencionada de esporas de *Bacillus anthracis*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Ministerio de Economía y Competitividad. Disponible en: <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/3558/Protocolo%20Antrax%2016%2006%202015.pdf>

⁸⁴ Institute of Medicine. Learning from SARS: Preparing for the Next Diseases Outbreak: Workshop Summary. Washington, DC, The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10915>

Por otra parte, el impacto se minimiza con el establecimiento de medidas de distanciamiento social, así como con la cuarentena y el aislamiento de los infectados y enfermos.

La COVID-19 ha mostrado cómo una sociedad organizada ha podido hacer frente a algo frente a lo que nunca pensaba que iba a sufrir. El esfuerzo conjunto de la sociedad, desde el ámbito de la seguridad y defensa hasta el sector del transporte, pasando por la sanidad, han permitido que nuestro modo de vida, aún resentido, siguiera su curso.

Un marco normativo adecuado permitirá sin duda reducir el impacto al permitir establecer las medidas de preparación y respuesta reduciendo las consecuencias del incidente, en función de su entidad, en todos los sectores, incluidos el económico. Quizá por eso la Organización Mundial de la Salud alcanzó el 1 de diciembre de 2021 un consenso para poner en marcha el proceso de elaboración y negociación de un convenio, acuerdo u otro instrumento internacional para reforzar la prevención, la preparación y la respuesta ante pandemias que permita a los países reforzar las capacidades y resiliencia regionales, nacionales y a nivel internacional en lo relativo a alerta de brotes e intercambio de información, colaboración y coordinación internacional mediante el RSI-2005^{85,86,87}.

En este sentido, parece conveniente traer a colación que, como todo el mundo pudiera pensar, resulta más económico prepararnos que responder. Así prevenir, detectar y prepararnos frente a un brote pandémico, incluyendo la investigación y el desarrollo se calculaba en 2016 en 4,5 10⁹ \$/año. Cifra que parece asumible en principio si queremos vivir en un mundo más seguro desde el punto de vista del peligro biológico⁸⁸.

⁸⁵ Consejo de Europa. (25 mar. 2022). La Asamblea Mundial de la Salud alcanza un consenso para poner en marcha la negociación de un acuerdo para luchar contra las pandemias. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/coronavirus/pandemic-treaty/#:~:text=El%201%20de%20diciembre%20de,prevenci%C3%B3n%2C%20la%20preparaci%C3%B3n%20y%20la>

⁸⁶ Sanders, D. (2017). Gobernanza de la salud global: la OMS y perspectivas para su nuevo director general. *CooperaSalud* [pág. web]. Disponible en: <https://www.cooperasalud.org/monografias/gobernanza-de-la-salud-global>

⁸⁷ CooperaSalud. (2021). Seguridad sanitaria versus acceso universal a la salud: el tratado pandémico mundial. *CooperaSalud* [pág. web]. Disponible en: <https://www.cooperasalud.org/monografias/seguridad-sanitaria-versus-acceso-universal-a-la-salud-el-tratado-pandemico-mundial>

⁸⁸ GHRF Commission - Commission on a Global Health Risk Framework for the Future. (2016). The neglected dimension of global security: A framework to counter infectious

A efectos de establecer una analogía en relación con un incidente bio intencionado, la COVID-19 es un claro ejemplo de impacto en todos los ámbitos, tanto sobre los individuos como en los niveles local, regional, nacional e internacional. Demostrándose la necesidad de establecer una estrategia de biodefensa para establecer el marco conceptual y referencial que permita establecer los principios en los que se asienta la preparación y respuesta frente al peligro biológico, considerando este como la suma del riesgo biológico y de la amenaza biológica que integre los diferentes planes de preparación y respuesta. Es decir, una estrategia que contemple la prevención, la protección de la sociedad y la recuperación frente a un incidente bio gracias al establecimiento de una respuesta conjunta y coordinada a todos los niveles organizativos. Lo que en el ámbito sanitario incluye la prevención, la detección y el tratamiento.

Esa estrategia de biodefensa debe de tener en cuenta el nivel estratégico, el operacional y el táctico, relacionándose todos ellos para una mejor preparación y respuesta.

- En el nivel estratégico se lleva a cabo la caracterización de riesgos y amenazas a efectos de alcanzar la conciencia situacional lo más precisa posible, ya fuera integrando la información (meteorológico, sensores, epidemiología, etc.), luchando contra la desinformación y llevando a cabo una adecuada evaluación y análisis. Lo cual permitirá mejorar la preparación del personal, así como fomentar la colaboración interdepartamental en materia bio y la investigación para hacer frente al peligro bio.
- El nivel operativo se encarga de la preparación y la respuesta, para lo cual, resulta prioritario asegurar la disponibilidad de contramedidas sanitarias, asegurar la cadena de suministro de proyectos sanitarios y promover la educación sanitaria y proveer de apoyo psicológico y médico a los enfermos.

La respuesta se basa en ser capaces de detectar el agente diseminado, disponer de equipos de protección física, capacidad de descontaminación, diagnóstico, profilaxis y tratamiento.

Para alcanzar este objetivo resulta necesario establecer y mantener planes y programas de gestión de bajas masivas, junto

con el desarrollo de programas de instrucción y adiestramiento bio específico.

- En el nivel táctico resulta prioritario ser capaces de detectar y gestionar el brote. Para ello se deberá desarrollar la doctrina, los materiales y equipos de protección, junto con la capacidad de identificación laboratorial.

5. Estrategia de biodefensa

La COVID-19 ha provocado un impacto diferenciado en los países en función de su nivel de preparación y respuesta. Desde el punto de vista geopolítico parece que el equilibrio de poder y la competencia ideológica ha cambiado el mundo tal cual lo veíamos y vivíamos, pivotando los ejes de poder a otras latitudes. La invasión de Ucrania ha venido a complicar más si cabe el escenario internacional, ya que puede darse la situación de una reducción de la colaboración internacional relacionado con la potenciación de las medidas de preparación y respuesta en los países más necesitados frente al riesgo y la amenaza biológica en favor de otras áreas⁸⁹. Hecho que ha sido tenido en cuenta por países de nuestro entorno como Estados Unidos o Reino Unido que han visto necesario desarrollar estrategias de biodefensa específicas que incluyen riesgo y amenaza de manera conjunta.

Este cambio de paradigma geopolítico que parece se está produciendo en numerosos países, supone un incremento del riesgo y de la amenaza bio a nivel global, no solo por el riesgo derivado de las enfermedades emergentes, fundamentalmente las de origen zoonótico, sino por la posibilidad de diseminación accidental de un agente biológico desde una instalación donde se investiguen o almacenen agentes biológicos o por el empleo intencionado de agentes biológicos, modificados o no, en un contexto de guerra biológica o de bioterrorismo, aprovechando las posibilidades que lamentablemente ofrece la investigación de uso dual, la democratización del saber y la simplificación de las técnicas de biología molecular.

La *Estrategia de Seguridad Nacional 2021* (ESN-2021) identifica la COVID-19 como «un factor que ha producido una aceleración de las principales dinámicas globales que afectan a la

⁸⁹ Fidler, D. P. (July 28, 2022). Geopolitics, Global Health, and the Group of Seven. A Policy Brief for the T7 Task Force Global Health Council of Foreign Relations. Disponible en: <https://www.cfr.org/article/geopolitics-global-health-and-group-seven>

seguridad». Esta pandemia ha tenido y tiene un impacto directo sobre la salud, la economía y la seguridad a nivel global, contribuyendo sin ninguna duda a generar vulnerabilidades y a constituirse como un factor multiplicador de amenazas a medio y largo plazo. Riesgos y amenazas frente a las cuales hay que realizar un esfuerzo de preparación y respuesta para reducirlas, resultando necesario integrar las capacidades existentes en los niveles local, regional, nacional e internacional mediante la adecuación de los recursos, medios, sistemas y organizaciones⁹⁰.

Dentro del planeamiento estratégico recogido en la ESN-21 se establecen a todos los niveles tres ejes de acción para dar respuesta a los diferentes desafíos a los que nos enfrentamos, desde el nivel local hasta el internacional, pasando por el regional y el nacional.

La protección de las personas y la promoción del bienestar, junto con la preservación de la seguridad internacional, se incardinan de manera clara con la necesidad de establecer un sistema de alerta temprana frente al peligro bio que permita dar respuesta a los diferentes desafíos ya que el conocimiento de la situación permitirá la adopción de las medidas de control. De ahí que la iniciativa anteriormente citada de la ONU para prevención de pandemias, junto con el fortalecimiento de las capacidades nacionales constituya la base de la preparación y respuesta.

En relación con esta necesidad de protección, la reciente Estrategia de Salud Pública 2022 (ESP-22) se plantea, coordinada con la ESN-21, como una necesidad fortalecer la salud pública y contribuir a la salud de las personas bajo el enfoque *Una Salud* y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 como un compromiso para la mejora de la salud a nivel global, considerando desde una interpretación amplia ESP-22 incluiría la amenaza biológica tal cual se contempla en este trabajo, es decir, la diseminación intencionada de agentes biológicos o la amenaza de empleo. Pero en un análisis libre más detallado se circunscribiría a las enfermedades, transmisibles o no, de origen natural que precisaran de acciones de salud pública⁹¹. Esta falta de mención expresa se considera que hace más necesaria una estrategia de biode-

⁹⁰ Consejo de Seguridad Nacional. (4 nov. 2021). *Estrategia de Seguridad Nacional 2021. Un proyecto compartido*. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

⁹¹ Ministerio de Sanidad. (Agosto 2022). *Estrategia de Salud Pública 2022 (ESP 2022): mejorando la salud y el bienestar de la población*. Ministerio de Sanidad.

fensa, como estrategia de segundo nivel subordinada e incardinada con ESN-21 y con la ESP-22 al objeto de contemplar de una manera integral el riesgo bio y la amenaza bio, circunstancia que parece se tendrá en cuenta en la futura red de vigilancia de salud pública, ahora en fase de desarrollo.

La ESP-22 tiene un marcado carácter transversal que pretende constituir el marco referencial de mejora de la salud mediante la protección, la promoción y la recuperación de la salud de las personas en el ámbito individual y colectivo, para lo cual establece cuatro líneas estratégicas⁹²:

- Fortalecer la salud pública para mejorar la salud de la población asegurando, entre otras metas, capacidades y competencias, así como impulsar la investigación y la innovación y potenciar la comunicación en el ámbito de la salud pública.
- Modernizar la vigilancia en la salud pública para garantizar la capacidad de respuesta ante los riesgos y las emergencias en salud al objeto de garantizar una respuesta rápida, oportuna y coordinada ante las amenazas que supongan un riesgo para la salud pública a nivel local, regional, nacional e internacional.
- Mejorar la salud y el bienestar a través de la promoción de estilos de vida y entornos generadores de salud, seguros y sostenibles.
- Promover la salud y la equidad en salud a lo largo de la vida.

Por otro lado, la ESN-21 destaca la fragilidad de las cadenas de suministro global de determinados recursos estratégicos y la necesidad de disminuir el grado de dependencia del exterior de recursos esenciales para garantizar su accesibilidad en todo momento.

Estas cuatro líneas estratégicas de la ESP-22 se complementan de manera clara con los tres ejes de la ESN, ya que en definitiva ambas buscan la protección, la promoción y la recuperación de la salud a nivel individual y colectivo y como más adelante se describirá relacionado con el proyecto de Real Decreto de Vigilancia en Salud Pública.

⁹² La Moncloa. (22 jun. 2022). El Consejo Interterritorial del SNS aprueba la Estrategia de Salud Pública 2022. Nota de prensa [pág. web]. Disponible en: <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/sanidad14/Paginas/2022/220622-estrategia-salud-publica.aspx>

La aplicación de los tres ejes citados al riesgo y amenaza biológica se relacionan de manera clara con las establecidas por organizaciones internacionales o por países aliados y amigos, considerando como pilares o metas los mismos principios con el objetivo último de minimizar el riesgo y la amenaza, disminuyendo la vulnerabilidad y reduciendo el impacto gracias al esfuerzo combinado de la sociedad en su conjunto tal cual se ha planteado con la iniciativa de las Naciones Unidas frente a las pandemias^{93,94}:

– Prevención:

La prevención tiene por objetivo último eliminar la amenaza, para ello resulta fundamental establecer el marco internacional y nacional de lucha contra la proliferación, reduciendo las vías de financiación, formación y acceso a los agentes biológicos que pueden servir de base para el desarrollo de un programa biológico^{95,96,97}.

Se fundamenta en la reducción de la adquisición de agentes NBQR en general y, biológicos en particular; prevenir el uso intencional o la emisión accidental de agentes bio. En definitiva, reducir la proliferación biológica por parte de actores estatales y no estatales. Solo hay que recordar a la CABT o al Comité 1540 o al Grupo Australia para destacar su

⁹³ North Atlantic Treaty Organization. (5 jul. 2022). NATO'S Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN). *Defense Policy* [pág. web].

⁹⁴ Bush, G. R. (1 nov. 2005). Declaraciones del presidente sobre la Estrategia Nacional del Poder Ejecutivo de Preparación y Respuesta a la Pandemia de la Influenza. The White House - Office of the Press Secretary [pág. web]. Disponible en: <https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2005/11/20051101-1.es.html>

⁹⁵ Hidalgo García, M. M. (21 may, 2014). El décimo aniversario de la resolución 1540. *Documento Análisis 26/2012*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2014/DIEEEA26-2014_DecimoAniversarioResolucion1540_MMHG.pdf

⁹⁶ Hidalgo García, M. M. (24 ago. 2016). La revisión de la aplicación de la Resolución 1540. *Documento Informativo 06/2016*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2016/DIEEEI06-2016_Resolucion_1540_MMHG.pdf

⁹⁷ Castro Torres, J. I. (7 mar. 2018). El futuro de la proliferación NBQR: la sombra del cisne negro. *Documento Análisis 10/2018*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2018/DIEEEA10-2018_Proliferacion_NBQR_IJCT.pdf

labor de evitar la proliferación biológica (y química los dos últimos)^{98,99}.

No se puede olvidar que la prevención también incluye la reducción del riesgo, resultando fundamental las iniciativas llevadas a cabo por la Organización Mundial de Sanidad y la de Sanidad Animal, así como otras relacionadas, con organizaciones internacionales o con colaboraciones internacionales, para reducir el riesgo pandémico. En este sentido, el esfuerzo realizado como consecuencia de la epidemia de ébola o los preparativos frente a la influenza, entre otros ejemplos, constituyen la base de la reducción del riesgo al fortalecer la preparación de los países frente al riesgo biológico^{100,101,102}.

Hay que destacar en este punto el papel que tiene el Reglamento Sanitario Internacional (RSI-2005) como la principal herramienta «para prevenir la propagación internacional de enfermedades, proteger contra esa propagación, controlarla y darle una respuesta de salud pública proporcionada y restringida a los riesgos de salud pública, evitando interferencias innecesarias con el tráfico y el comercio internacionales»¹⁰³.

Dentro de la prevención desde un punto de vista más operativo hay que tener en consideración que la detección es una forma de prevenir tal cual establece la ESN-21 y la ESP-22. Esto es así porque constituye la primera línea de defensa,

⁹⁸ Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. Grupo Australia [pág. web]. Disponible en: <https://www.exteriores.gob.es/gl/Comunicacion/Noticias/Paginas/Noticias/Noticias101.aspx>

⁹⁹ Hidalgo García, M. (224 ago. 2016,). La revisión de la aplicación de la Resolución 1540. *Documento Informativo 06*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2016/DIEEI06-2016_Resolucion_1540_MMHG.pdf

¹⁰⁰ Organización Mundial de Sanidad Animal. (Enero 2016). Estrategia para la reducción de las amenazas biológicas. Disponible en: https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Our_scientific_expertise/docs/pdf/E_Biological_Threat_Reduction_Strategy_jan2012.pdf

¹⁰¹ Consejo de la Unión Europea. (16 may. 2022). Hacia un tratado internacional de pandemias. Consejo de la Unión europea [pág. web]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/towards-an-international-treaty-on-pandemics/>

¹⁰² Asociación Médica Mundial. (22 jul. 2022). Declaración de la AMM sobre la pandemia de gripe aviar [pág. web]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-la-amm-sobre-la-gripe-aviar-y-la-pandemia-de-gripe/>

¹⁰³ Ministerio de Sanidad. (2005). Reglamento Sanitario Internacional (RSI-2005). Ministerio de Sanidad [pág. web]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/sanidadExterior/regSanitInt2005.htm>

ya que si conocemos a qué nos enfrentamos podremos establecer las medidas de protección y control para minimizar el impacto. Resultando fundamental el establecimiento de redes de vigilancia integradas y coordinadas en los diferentes niveles que permita un intercambio rápido de información transparente al objeto de generar una respuesta más rápida y efectiva, sirvan de ejemplo a nivel nacional la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) y la Red de Alerta Sanitaria Veterinaria (RASVE) como ejemplos de sistemas de vigilancia para las enfermedades transmisibles humanas y animal. Las cuales se integrarán en la futura Red de Vigilancia de Salud Pública para coordinar los diferentes sistemas de vigilancia de nuestro territorio, que incluya las enfermedades transmisibles y no transmisibles, los determinantes de la salud, así como el sistema de alerta precoz y respuesta rápida para la detección y evaluación de incidentes, riesgos, síndromes, enfermedades y otras situaciones que pueden suponer una amenaza para la salud de la población¹⁰⁴.

En tanto en cuanto se desarrolla esta red de vigilancia de salud pública, tanto la RENAVE como la RASVE se integran a nivel europeo con el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) y la Autoridad para la Respuesta ante Emergencias Sanitarias (HERA por sus siglas en inglés). Mientras que a nivel mundial están relacionadas con la *Global Outbreak Alert and Response Network* (GOARN) y el *Global Early Warning and Response System for Major Animal Diseases, including Zoonoses* (GLEWS)¹⁰⁵.

En relación con la prevención a nivel nacional el establecimiento de la Red Estatal de Vigilancia de Salud Pública y el Centro Estatal de Salud Pública constituyen unas iniciativas

¹⁰⁴ Dirección General de Salud Pública. (21 jul. 2022). Consulta pública previa Proyecto de Real Decreto de Vigilancia en Salud Pública. Ministerio de Sanidad. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/normativa/docs/CONSULTA_PUBLICA_RD_VIGILANCIA_SALUD_PUBLICA.pdf

¹⁰⁵ OIE - FAO - OIE. (2006). *Global Early Warning and Response System for Major Animal Diseases, including Zoonoses (GLEWS)*. Disponible en: <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/glews-tripartite-finalversion010206.pdf>

prioritarias y una oportunidad para dar respuesta a cualquier tipo de incidente^{106,107,108}.

Desde el punto de vista de la protección civil, hay que tener en cuenta que la prevención consiste en el conjunto de medidas y acciones encaminadas a evitar o mitigar los posibles efectos adversos de los riesgos y amenazas de emergencia (art. 10 de la Ley 17/2015)¹⁰⁹. Esto se relaciona de manera directa con la aproximación conceptual anteriormente descrita, ya que el objetivo último es establecer el marco que determine una mejor protección y respuesta frente a una emergencia a efectos de reducir el impacto de esta.

– Protección:

El objetivo último de la protección es reducir la vulnerabilidad del individuo, de los equipos y de las infraestructuras, es decir, de la sociedad en su conjunto. De ahí que incluya la preparación del personal de intervención implicado en la emergencia biológica generadas mediante el establecimiento y planes específicos, pero también de la sociedad en su conjunto al objeto de minimizar el impacto.

Incluye entre otros aspectos relevantes:

- o Protección de la población al objeto de garantizar:
 - Un sistema de respuesta en los diferentes niveles organizativos al objeto de estar listos para responder a un brote multifocal. Para ello se establecerán planes coordinados de emergencia a nivel local, regional y nacional y de colaboración internacional dentro de un proceso continuo de

¹⁰⁶ Dirección General de Salud Pública. (Feb. 2022). Consulta pública previa Proyecto de Real Decreto de Vigilancia de Salud Pública. Secretaría de Estado de Sanidad. Ministerio de Sanidad. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/normativa/consultas/consultasCerradasSan.htm>

¹⁰⁷ Jiménez, J. (8 feb. 2022). Los veterinarios se quedan fuera del proyecto de Real Decreto de Salud Pública. *Animal's Health* [pág. web]. Disponible en: <https://www.animalshealth.es/politica/veterinarios-quedan-fuera-proyecto-real-decreto-salud-publica>

¹⁰⁸ Consejo General de Colegios Farmacéuticos. (9 mar. 2022). Los farmacéuticos proponen integrar a las farmacias en la Red de Vigilancia de la Salud Pública (nota de prensa). Disponible en: <https://www.farmaceticos.com/medios/sala-prensa/nota-prensa/los-farmaceticos-proponen-integrar-a-las-farmacias-en-la-red-de-vigilancia-de-la-salud-publica/>

¹⁰⁹ Jefatura del Estado. (2015). Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. *Boletín Oficial del Estado* n.º 164, de 10 de julio de 2015.

preparación y respuesta que incluya el establecimiento de medidas de distanciamiento social que reduzcan el riesgo de transmisión del agente causal.

- Un aspecto fundamental de la protección de las personas, pero también de los animales cuando así se considere, es establecer programas de quimio e inmunoprofilaxis específicas frente al agente diseminado, esto es así porque si hay vacuna cesa la amenaza.
- El establecimiento de una reserva estratégica de recursos sanitarios que incluya desde productos quimio e inmunoprofilácticos, hasta equipos de protección, productos sanitarios ^{110,111,112}.
- Esa reserva estratégica se relaciona de manera directa con la mejora de la capacidad de producción y el fomento de la investigación. Así como la necesidad de desarrollo de capacidades específicas sanitarias para reducir las consecuencias derivadas de un brote epidémico o una pandemia, desde la investigación y desarrollo de contramedidas sanitarias, el fortalecimiento de la capacidad de detección y de diagnóstico, así como la detección, la necesidad de fomentar la formación y preparación del personal de primera respuesta y del ámbito de la investigación.
- Un aspecto que se ha demostrado fundamental para proteger a la población en su sentido más amplio es el establecimiento de políticas de información que tengan como audiencia principal el ciudadano al objeto de reducir las consecuencias del incidente.
- No se puede dejar de citar, tomando a la protección en su concepto más amplio, la necesidad de establecer planes de continuidad de negocio y planes de contingencia al objeto de reducir las consecuencias del incidente/brote en los diferentes niveles organizativos, teniendo en cuenta la posibilidad de generación de un brote epidémico o

¹¹⁰ Institute of Medicine. (2012). *Prepositioning antibiotics for anthrax*. Washington, DC, The National Academies Press. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190044/>

¹¹¹ González-Romo, F. y Picazo, J. J. (2015). El desarrollo de nuevas vacunas. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 33(8):557–568.

¹¹² Rosen, M. (10 feb. 2017). Ricin poisoning may one day be treatable with new antidote. *Sciencenews* (ed. online). Disponible en: <https://www.sciencenews.org/article/ricin-poisoning-may-one-day-be-treatable-new-antidote>

pandémico, para así garantizar que estemos listos para responder a un brote multifocal.

- Desde un punto de vista operativo, la protección individual, o, mejor dicho, la protección física individual se alcanza mediante el uso de equipos de protección individual, desde la máscara de protección hasta los guantes, pasando por los monos o las gafas de protección. En definitiva, mediante el uso de equipos de protección individual normalizados y certificados para el uso para el que fueron diseñados^{113,114}.
- Otra manera de proteger al individuo, o, mejor dicho, la protección de los individuos se consigue mediante sistemas de protección colectiva, tanto en sistemas portátiles como permanentes, o móviles o fijos. Los cuales permiten reducir el nivel de protección física individual en tanto en cuanto el individuo permanece en su interior, ya que son sistemas que están dotados normalmente de sobrepresión y el aire que es introducido en su interior es filtrado con filtros específicos frente al peligro, ya sea gas o partículas^{115,116,117}.
- La mejor manera de proteger el equipamiento es evitando que resulte contaminado, para alcanzar este objetivo resulta fundamental que esté diseñado para minimizar el riesgo de contaminación y que esté construido con materiales fácilmente descontaminables. Y por supuesto, protegiendo al equipamiento con medios de barrera.
- Para conseguir un elevado grado de protección de las infraestructuras, estas deben de estar diseñadas y construidas para este fin, deben de estar dotadas de medidas activas y pasivas de protección al objeto de reducir el

¹¹³ Cique Moya, A.; Serrano López, A. J. y Rodríguez Soler, A. J. (2009). Gripe y equipos de protección individual. *Prehospital Emergency Care* (ed. española). 2(3)231-237.

¹¹⁴ Cique Moya, A. (2014). Cómo se utiliza correctamente el uniforme de protección en los equipos de protección NBQ. *Zona TES*. 1:27-35.

¹¹⁵ Weil, R.; Springer, A. y Wootton, J. R. Diagnostics & Prognostics for a Collective Protection Shelter System. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.104.4241&rep=rep1&type=pdf>

¹¹⁶ Liu, Y.; Xu, X. y Niu, F. S.L. (2015). Study on Overpressure Protection System of Air Contaminations for Mobile Medical Shelters. *Applied Mechanics and Materials*. 751: 217-221. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.751.217>

¹¹⁷ Pérez Cardona, J. M. (Dic. 2011). Defensa NBQ en España. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/file/download/24655?forceDownload=1>

riesgo, fundamentalmente el de penetración de los agentes contaminantes al interior. En circunstancias ideales, además de lo anterior deben de estar dotadas con sistemas de sobrepresión, lo más estancas posibles y dotadas de filtros específicos para el peligro que se considere.

- La detección es otro de los factores que contribuyen a la protección ya que, si somos capaces de detectar e identificar el agente causal, a ser posible en tiempo real, seremos capaces de instaurar las medidas de protección pertinentes.
- Desde el punto de vista sanitario se fundamenta en la vigilancia epidemiológica, en la detección temprana de casos y su relación con disponer activado el sistema de alerta y detección, en la aplicación de contramedidas en función de la valoración de la amenaza (VALAZA).

– Recuperación:

La recuperación se relaciona de manera directa con la resiliencia, es decir con la capacidad de las personas o de la comunidad afectada para hacer frente a las catástrofes. Se relaciona con su capacidad de adaptación y transformación para recuperarse de sus efectos¹¹⁸. Se fundamenta en una óptima preparación del individuo y del sistema de respuesta. Para ello, resulta prioritario disponer de procedimientos operativos que minimicen las consecuencias del incidente. Desde el punto de vista individual es necesario desarrollar mecanismos de afrontamiento y potenciar la capacidad de adaptación al cambio¹¹⁹.

5.1. Ejes de la estrategia de biodefensa

La estrategia de biodefensa (o de biopreparación y de biorespuesta) se incardinaría en cuatro ejes principales que se basan en la prevención, protección y recuperación de cualquier acto de guerra biológica o de bioterrorismo, un acto criminal donde se vea envuelto un agente biológico o la generación de un brote de origen natural o accidental que afecte a humanos, animales, plantas o el medioambiente. Estos cuatro ejes se relacionan de

¹¹⁸ United Nations. (2020). United Nations Common Guidance on Helping Build Resilient Societies. New York. Disponible en: <http://www.infocop.es/pdf/UN-Resilience.pdf>

¹¹⁹ Hermosa, A. R. (Mar. 2021) Resiliencia en tiempos de la COVID-19. *Médicos del Mundo* [pág. web]. Disponible en: <https://www.msf.es/actualidad/resiliencia-tiempos-la-covid-19>

manera directa con la ESN-21 y la ESP-22, así como en otros modelos establecidos a nivel internacional, como sin duda es la estrategia de biodefensa de los Estados Unidos o la de Reino Unido^{120,121,122}.

- Integración de la información / inteligencia para mejorar el análisis del peligro bio en lo referente al riesgo y a la amenaza:
 - o Potenciar los sistemas de vigilancia epidemiológica que permitan una monitorización en tiempo real al objeto de realizar una óptima evaluación del peligro que determine el grado de riesgo.
- Promover medidas de prevención / reducción del riesgo derivado de la diseminación de enfermedades de origen natural o de origen provocado:
 - o Fortalecer la CABT, el Comité 1540 o cualquier otra iniciativa a nivel internacional cuyo objetivo sea reducir la proliferación bio.
 - o Fortalecer la capacidad asistencial de los sistemas sanitarios y del sistema de salud pública e infraestructuras sanitarias utilizando el enfoque Una Salud para una mejor gestión del peligro bio.
 - o Potenciar la capacidad de laboratorio en los diferentes niveles.
- Fortalecer las capacidades nacionales de defensa biológica mediante:
 - o La promoción de la investigación biomédica.
 - o El fortalecimiento de los sistemas veterinarios al tener la gran mayoría de los agentes biológicos un carácter zoonótico.
 - o Apoyar los sistemas logísticos sanitarios en lo relacionado con las contramedidas sanitarias y productos farmacéuticos.
 - o Apoyar la preparación en los distintos niveles de respuesta.
 - o Establecer políticas de comunicación estratégica.

¹²⁰ United States of America. (2018). National biodefense Strategy 2018. Disponible en: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/09/National-Biodefense-Strategy.pdf>

¹²¹ NATO Bio-Responsiveness. Smart Defence 1.1045 – Concept of Operations (CONOPS) for Bio-Response. Report of the Project Team for Smart Defence Project 1.1045 Vol. 2.

¹²² Castro Torres, J. I. e Hidalgo García, M. (21 nov. 2018). La nueva estrategia de bioseguridad estadounidense: previsiones para un futuro incierto. *Documento Informativo 05/2018*.

- o Realizar ejercicios de preparación y respuesta para mejorar la gestión de incidentes bio.
- Instaurar un sistema de respuesta rápida para limitar impactos.
 - o Establecer una respuesta coordinada a distintos niveles.
 - o Promover la investigación y la respuesta.
 - o Integrar capacidades de respuesta sanitarias y no sanitarias.

5.2. Objetivos de la estrategia de biodefensa

Los objetivos de la estrategia de biodefensa:

- Concienciar a todos los actores implicados acerca de las amenazas y riesgos.
- Asegurar las capacidades de biodefensa para prevenir incidentes.
- Asegurar la preparación para reducir el impacto de un incidente.
- Asegurar una respuesta rápida para reducir el impacto.
- Potenciar la resiliencia a todos los niveles.

5.3. Integración de la estrategia de biodefensa en el marco español e internacional

La estrategia de biodefensa se establece como una estrategia sectorial subordinada a la ESN-21, pero integrada en ella al considerar debe formar parte del sistema de seguridad nacional al igual que la de terrorismo, seguridad marítima, aeroespacial, contra el crimen organizado, protección civil, o seguridad energética.

En función de su carácter transversal debe corresponderse con la Estrategia de Salud Pública 2022, ya que los objetivos son similares, es decir reducir el impacto de un incidente bio, sea cual sea su origen.

Parece razonable que la Estrategia de Biodefensa se relacione con el nuevo concepto estratégico OTAN en lo relacionado a cooperación civico-militar. Así como con las iniciativas que están en desarrollo en el seno de las Naciones Unidas.

5.4. Líneas maestras de la estrategia de biodefensa

Las líneas maestras de la estrategia de biodefensa se basan en:

- Detectar y contener amenazas biológicas:
 - o Coordinación e integración interdepartamental.
 - o Potenciar las capacidades sanitarias.
 - o Mejorar la respuesta a emergencias.
 - o Planes sanitarios de respuesta.
- Coordinar y apoyar la investigación sanitaria:
 - o Integración / coordinación programas de I+D+i.

En caso de considerarse que la estrategia de biodefensa tuviera dos componentes principales, las líneas maestras principales serían las siguientes:

- Estrategia de biopreparación:
 - o Legislación: bioseguridad y biocustodia.
 - o Potenciación capacidad de investigación contramedidas sanitarias.
 - Reserva de capacidades industriales.
 - Reserva estratégica.
 - o Potenciación e integración de las redes de vigilancia epidemiológica.
 - o Potenciación red de asistencia sanitaria.
 - o Potenciación de la red de laboratorios (ejemplo RELAB).
 - o Formación y entrenamiento.
- Estrategia de biorespuesta
 - o Potenciación sistemas de salud pública.
 - o Potenciación sistemas sanitarios.
 - o Capacidades sanitarias especializadas.
 - o Comunicación estratégica
 - o Lecciones aprendidas

6. Conclusiones

- Vivimos en un mundo inseguro sometido a la amenaza biológica derivada de la acción de actores estatales y no estatales que pueden alterar nuestro modo de vida y nuestra libertad. Motivo por el cual debemos de hacer un esfuerzo de preparación, detección y respuesta.
- La posibilidad de utilizar el desconocimiento sobre el riesgo biológico de la población puede ser aprovechado para el desarrollo de campañas de desinformación en un contexto de zona gris. Esto determina que sea preciso disponer de personal especializado con la formación científico-técnica para hacer frente a este tipo de campañas.
- La gestión de la amenaza se relaciona con la acción de dos elementos interdependientes e interconectados. Por un lado, la posibilidad de que se produzca un incidente bio y por el otro, el impacto que puede provocar.
- La posibilidad de que se produzca un incidente bio deriva del grado de amenaza en función de la capacidad operacional de diseminación alcanzada y de la vulnerabilidad del objetivo que determina las consecuencias potenciales de la diseminación/ utilización de agentes biológicos.
- Se considera necesaria una estrategia de biodefensa subordinada, como estrategia de segundo nivel incardinada con la Estrategia de Seguridad Nacional (ESN-21) y con la ESP-22, que contemple de una manera integral el riesgo bio y la amenaza bio, al objeto de dar una respuesta coordinada e integradora de todos los niveles de la sociedad frente a los desafíos derivados de un brote epidémico o una pandemia.

Capítulo decimotercero

Estrategia y respuesta **One Health** (una salud)

Luis Enrique Martín Otero

Resumen

El concepto *One Health* implica la colaboración de todos los profesionales sanitarios (médicos, veterinarios, farmacéuticos, psicólogos, enfermeros, etc.) para hacer frente a situaciones de crisis biológicas, los cuales aportan sus conocimientos y experiencias. Estamos viendo que cada día aparecen nuevas enfermedades emergentes y aquellas que creíamos controladas, se están adaptando a los cambios ambientales y están volviendo a aparecer de forma reemergente. La interacción, cada vez más frecuente del ser humano con la naturaleza, hace que la aparición de zoonosis sea cada vez más frecuente. El movimiento global de las personas, animales y alimentos, favorecen la aparición de nuevas enfermedades. España tiene una Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB) que la forman laboratorios de nivel de seguridad biológica BSL3 y BSL3+ que serían capaces de dar una respuesta adecuada y rápida a cualquier tipo de amenaza biológica.

Palabras clave

One Health, zoonosis, globalización, enfermedades emergentes y reemergentes, Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB).

Strategy and Response “One Health”

Abstract

The «One Health» concept implies the collaboration of all health professionals (doctors, veterinarians, pharmacists, psychologists, nurses, etc.) to deal with cases of biological crisis, that contribute their knowledge and experiences. We are observing that new emerging diseases appear every day and those that we thought were controlled, are adapting to environmental changes and are re-emerging. The increasingly frequent interaction of the human is being with nature, makes the appearance of zoonoses more and more frequent. The global movement of people, animals and food are producing the appearance of new diseases. Spain has a Network of Biological Alert Laboratories (RE-LAB) made up of BSL3 and BSL3+ biological safety level laboratories that would be capable of providing an adequate and rapid response to any type of biological threat.

Keywords

One Health, zoonoses, globalization, emerging and re-emerging diseases, Network of Biological Alert Laboratories (RE-LAB).

1. Una salud

La definición *One Health* es la referencia a una nueva estrategia mundial que persigue y tiene como finalidad incrementar la colaboración interdisciplinar en el cuidado de la salud de las personas, los animales y el medio ambiente, y con la pretensión de elaborar e implementar programas, políticas y normas legales (leyes) en pro de la mejora de la salud pública¹.

Este concepto reconoce y engloba que «la salud de los seres humanos, los animales domésticos y salvajes, las plantas y el medio ambiente en general (incluidos los ecosistemas) están estrechamente vinculados y son interdependientes». Lo que implica que, el control de estos sectores contribuirá a proteger la salud y abordar de manera mucho más eficaz la aparición o emergencia de futuras enfermedades.

En la actualidad, las organizaciones más importantes relacionadas con la filosofía y la defensa de *One Health* (una salud) son: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE); el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Todas ellas participaron en la creación y constitución de un Panel de expertos de alto nivel de *One Health* (OHHLEP) para su asesoramiento y con el propósito de desarrollar un «Plan de Acción Mundial Integral One Health».

El plan tiene como finalidad poner en práctica el concepto *One Health* a nivel regional, nacional y mundial, pudiendo ofrecer tanto apoyo financiero como de aprendizaje o formación a los países menos desarrollados, estableciendo así un mundo más seguro desde el punto de vista de la salud².

También se hizo un acuerdo tripartito entre OIE/OMS/FAO para crear una red mundial para realizar alertas tempranas en el concepto *One Health*.

¹ El compromiso a largo plazo de la farmacéutica Boehringer Ingelheim con el concepto *One Health*. Boehringer. Todos los enlaces se encuentran activos a fecha de cierre del presente documento, 06 de septiembre de 2022. Disponible en: <https://www.boehringer-ingelheim.es/innovacion/onehealth>

² Spain One Health Summit 2022. Cumbre One Health en Madrid. Disponible en: <https://bamberghealth.com/event/spain-one-health-forum-2022>

El concepto *One Health* empezó a ser empleado en los EE. UU. en 2010, tras producirse un brote de influenza zoonótica del H5N1.

Los nuevos retos sanitarios en la combinación hombre-animal-ecosistema empiezan a aparecer con mayor frecuencia, teniéndonos que enfrentar a nuevas amenazas biológicas, lo que requiere una mayor colaboración, coordinación, comunicación y acciones concertadas entre los distintos y diversos sectores, dando entidad al concepto *One Health*.

Existen áreas que juegan un papel muy significativo en el concepto *One Health*, tales como: las enfermedades zoonóticas, la alteración del medio ambiente, la globalización o las enfermedades emergentes y reemergentes. Estas áreas son el origen o fundamento del concepto *One Health*, por lo que hablaremos y debatiremos sobre ello a lo largo del presente trabajo.

Sin embargo, para ejercer un control sobre estas amenazas es precisa la coordinación entre las diversas instituciones en el plano nacional o regional, así como en el área internacional y permanezcan en alerta continua para poder ofrecer una respuesta inmediata. Todo ello implica disponer de unas instalaciones e infraestructuras adecuadas para abordar este tipo de amenazas biológicas que, en la mayoría de los casos, serán de un nivel de seguridad BSL3 y BSL4, debido a que estas alertas sanitarias vienen ocasionadas por patógenos de ese grado de seguridad biológica. Y, paralelamente, será preciso disponer de personal cualificado para poder trabajar y operar en esas condiciones de bioseguridad, así como los medios adecuados.

En España, para dar respuesta y hacer frente a este tipo de amenazas biológicas se dispone de varios laboratorios de nivel BSL3, en salud pública y en sanidad animal, así como de diversos laboratorios en investigación ambiental, alimentación y agricultura y un laboratorio BSL3+ (Valdeolmos – Madrid).

Cuando el origen de la amenaza biológica proviene de un ataque bioterrorista o del empleo de armas biológicas, en el caso de conflicto bélico, nuestro país dispone de la Red de Laboratorios de Alerta biológica (RE-LAB) que ofrecerá una respuesta a dichas amenazas.

Un claro ejemplo del concepto *One Health* lo detentan las Fuerzas Armadas españolas, concretamente el Cuerpo de Sanidad Militar, donde las especialidades de Medicina, Farmacia, Veterinaria, Enfermería y Psicología trabajan al unísono, conjuntamente y de forma coordinada en el control y la erradicación de las enferme-

dades que afecten o puedan afectar al personal militar, tanto en territorio nacional como en las misiones u operaciones que les son encomendadas en el extranjero.

2. Zoonosis

Las zoonosis se definen según la Directiva 2003/99/CE como: «cualquier enfermedad o infección transmisible de manera natural entre los animales y las personas, directa o indirectamente».

Los mecanismos de transmisión son muy variados y en ocasiones complejos. En función de estos, se pueden agrupar en:

- Zoonosis no alimentarias: son las patologías transmitidas de un animal al hombre, con o sin vector.
 - o Por contacto con el animal, como, por ejemplo:
 - Rabia: por la agresión o mordedura de un animal enfermo-portador.
 - Hidatidosis: por relación con perros afectados.
 - Psitacosis: por contacto con las aves enfermas.
 - o Transmitidas a través de vectores, como, por ejemplo:
 - Mosquitos: leishmaniosis a partir de la picadura de flebotomos.
 - Garrapatas: enfermedad de Lyme.
- Zoonosis alimentarias: aquellas cuya vía de transmisión es esencial o fundamentalmente alimentaria, es decir asociada al consumo de alimentos:
 - o Producidas por bacterias como la salmonelosis, campylobacteriosis, listeriosis, yersiniosis, etc.
 - o Producidas por parásitos como triquinosis, anisakiosis, etc.

Características deficientes en el consumo alimentario:

- Alimentos en mal estado de conservación.
- Alimentos que están mal manipulados higiénicamente y con posible contaminación producida por:
 - o Bacterias como la salmonelosis, campylobacteriosis, listeriosis, yersiniosis, etc.
 - o Parásitos como triquinosis, anisakiosis, etc.

Otra causa de aparición de enfermedades de carácter zoonótico suele ocurrir cuando hay mal control en la elaboración y transporte de alimentos, ocasionando su ingesta, alteraciones fisiológicas en el organismo. Aquí se incluye el consumo del agua.

Hay más de 200 tipos de zoonosis conocidas, las cuales incluyen un gran porcentaje de nuevas enfermedades en los seres humanos³.

El origen de muchas zoonosis surge de varios factores.

Los que tienen relación con los seres humanos y son de forma natural:

- Concentración de la población en grandes ciudades.
- Reuniones colectivas como: comidas, eventos deportivos, actos sociales masivos, etc.
- Vejez de la población. Que disminuye su respuesta inmune y siendo más susceptible su transmisión.
- Mal uso de los medicamentos (resistencia antimicrobiana).
- Contacto, cada vez con más frecuencia con animales de compañía y animales salvajes.
- Introducirse en áreas no aconsejables para los seres humanos (cuevas, zonas salvajes).
- Grandes migraciones de personas y animales, cuyos movimientos no son controlados sanitariamente, pudiendo transmitir enfermedades endémicas desde la zona de origen a la zona de recogida.
- Los que tienen relación con la manipulación genética y pueden ser provocadas.
- Utilización de la biotecnología para «aumento de ganancia de función» en patógenos zoonóticos, para desarrollar nuevos tratamientos (fármacos y vacunas) en prevención de nuevos saltos a las personas. Estos ensayos podrían ocasionar accidentes de laboratorio con salida al exterior, originando nuevas pandemias y epidemias o de utilización dual.

³ Zoonosis. Vigilancia de zoonosis y resistencias antimicrobianas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/zoosis-resistencias-antimicrobianas/zoonosis.aspx>

- Esta tecnología de carácter «dual», no solo sirve para el desarrollo de nuevos tratamientos, sino que se podrían originar patógenos quiméricos que podrían ser utilizados como agresivos biológicos y ser empleados en actos de guerra biológica o amenazas bioterroristas. Estas técnicas podrían causar epidemias y pandemias difíciles de detectar por su nueva composición en su estructura genética. Sabemos que muchos de los patógenos zoonóticos están clasificados en el Grupo Australia, como posibles candidatos para el desarrollo de un arma biológica, siendo la mayor preocupación, la posibilidad que estos patógenos caigan en manos de grupos terroristas o países fallidos.

Las causas de que los animales puedan ser el origen de una zoonosis son:

- Aglomeración de animales en explotaciones ganaderas.
- Estrés de los animales en condiciones adversas, tanto en las estancias como en los transportes, ocasionando bajada de sus defensas, dando lugar a la aparición de enfermedades de transmisión zoonótica.
- En países de Oriente Medio y África, debido a su cultura, el contacto directo entre la población y los animales, tanto domésticos como salvajes, está muy arraigada en sus sociedades, haciendo que el riesgo de enfermedades zoonóticas aumente.
- Mal control de sanidad veterinaria.

Pues bien, la aparición de zoonosis suele producir importantes daños colaterales que, además del ámbito estrictamente sanitario y laboral, como consecuencia de las posibles bajas masivas del personal empleado y trabajador, acaba afectando sin embargo al ámbito económico de la región o el país, con los elevados costes que ello conlleva. Igualmente, las amenazas afectan tanto a la cabaña ganadera como a la agricultura, produciendo un daño económico importante al disminuir y degradar la calidad de los productos y la productividad. En consecuencia, el control de todos estos factores nos conduce a que disminuya considerablemente el riesgo de aparición de enfermedades zoonóticas conocidas, y, para que eso se produzca, resultará imprescindible una estrecha colaboración entre los profesionales de la medicina, la veterinaria como del medio ambiente, quienes deberían ir de la mano.

En las enfermedades zoonóticas como, por ejemplo, la gripe aviar, el virus de El Nilo, la Covid-19 o la rabia, el concepto *One Health* se concibe como ciertamente relevante. Existen herramientas que nos permiten tener un control importante en cuanto a la detección preventiva y lo antes posible sobre la explosión de dichas amenazas.

Si una amenaza de este tipo se manifestara sería detectada por las distintas redes de alerta nacional e internacionales que ejercen un control sanitario, tanto del sistema de salud pública como de la sanidad animal. De manera que este tipo de circunstancias y hechos serían comunicados, de la forma más inmediata posible, a las autoridades sanitarias locales, regionales, nacionales e incluso internacionales con el objetivo de facilitar la mayor información posible para la toma de decisiones y medidas adecuadas para su control y erradicación.

Otro factor significativo lo constituye el control higiénico-sanitario del personal y de los empleados que trabajan en el ámbito de la manipulación de alimentos, así como en las explotaciones ganaderas, que debe ser realmente exhaustivo, poniendo en práctica la realización de controles y una vigilancia periódica, sobre todo de aquellos profesionales que operan en las granjas afectadas. Aquí la labor conjunta del veterinario y del médico debe ser esencial, ya que serviría, en caso de producirse una zoonosis, el estudio y comparación de las cepas secuenciadas entre animales y humanos y conocer cuál puede ser el origen.

Se trasladaría también una alerta a los facultativos ambientales para que valoren la posibilidad de que el origen de la infección pudiese haber surgido del propio campo, como, por ejemplo, en los casos por brotes de ántrax.

Anualmente, cerca de sesenta mil personas pierden la vida como consecuencia de contraer enfermedades zoonóticas por patógenos conocidos (la rabia, la influenza aviar, el ébola, la fiebre del valle del Rift, etc.), sin tener en cuenta la posibilidad de que aparezcan nuevas pandemias por patógenos emergentes, como lo que ha supuesto el caso del virus SARS-CoV-2 (Covid-19) que desde el año 2019 viene ocasionando millones de muertes por todo el mundo.

3. Globalización

La globalización, además de un proceso histórico, ha constituido una integración mundial en ámbitos y sectores como el econó-

mico, la política, el tecnológico, social e incluso en el cultural, convirtiendo el mundo en un lugar interconectado. En ese sentido, se afirma hoy que este proceso ha hecho del mundo una aldea global.

3.1. Causas y consecuencias de la globalización⁴

Las causas de la globalización más inmediatas que podríamos mencionar podrían ser las siguientes:

- Los cambios en la geopolítica internacional del siglo XX.
- El fin de la Guerra Fría y que actualmente vuelve a existir.
- La consolidación del modelo capitalista.
- La necesidad de ampliar mercados económicos.
- La revolución en materia de telecomunicaciones e informática.
- La liberación de los mercados de capitales.
- El turismo.

Y, al mismo tiempo, también podríamos afirmar que, entre las consecuencias de la globalización como proceso histórico y social, han emergido situaciones no deseables como, por ejemplo:

- Pobreza extrema y concentración de riqueza: la riqueza se concentra en los países desarrollados y solo un 25 % de las inversiones internacionales van a las naciones en desarrollo, lo cual repercute en un aumento del número de personas que viven en la pobreza extrema.
- Incremento del desempleo: algunos economistas sostienen que, en las últimas décadas, la globalización, la revolución científica y la tecnológica (responsables por la automatización de la producción) han sido las principales causas del aumento del desempleo.
- Pérdida de identidad cultural: los autores críticos de la globalización también sostienen que esta favorece la pérdida de las identidades culturales tradicionales en favor de una idea de cultura global, impuesta por el influjo de las grandes potencias sobre el resto del mundo.

⁴ Globalización. ¿Qué es la globalización? Disponible en: <https://www.significados.com/globalizacion>

Todo este movimiento poblacional de seres humanos y animales, a consecuencia a las causas anteriormente descritas, confirman que las zoonosis aparecen de manera espontánea y pueden tener afección en cualquier lugar o país, afectan globalmente.

Las enfermedades no conocen fronteras y la curiosidad aventurera del ser humano por colonizar hábitats que no les corresponde, adentrándose e introduciéndose en zonas peligrosas, son el origen y consecuencia del padecimiento de determinadas enfermedades, bien zoonóticas o bien por contacto directo con patógenos.

Todos estos movimientos poblacionales son generados por causas mayores tales como, hambrunas, guerras, etc., que hacen que el riesgo sanitario se vea incrementado de forma considerable en la población afectada, favoreciendo también la aparición de enfermedades zoonóticas. Se ha constatado que el 60 % de los patógenos humanos tienen origen animal, siendo el 75 % de la aparición de las enfermedades emergentes.

4. Cambio climático y medio ambiente

El cambio climático es la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta la humanidad, que acaba por influir también y de forma directa en la aparición de las enfermedades infecciosas.

El lema «una sola tierra», al igual que el concepto «una sola salud», es una idea generada en donde toda la sociedad y las profesiones afectadas, deben participar de manera conjunta para evitar males mayores.

Las emisiones constantes y desproporcionadas de gases de efecto invernadero por parte de los países industrializados y el abuso en los recursos naturales están generando graves anomalías y/o modificaciones en el clima a nivel global. Sus consecuencias directas están afectando, sobre todo, a los países en vías de desarrollo y se vienen manifestando en episodios regionales constantes como, por ejemplo, inundaciones, sequías, tifones, huracanes y todo tipo de desastres naturales que dejan a la población indefensa y sin medios para poder subsistir.

Hoy, asistimos a un cambio climático sin precedentes, donde las causas naturales parecen jugar un papel poco importante.

El colectivo científico coincide en el mensaje de que las variaciones del clima son provocadas, en la mayoría de las ocasiones, por

el hombre. Actividades como la tala indiscriminada de árboles, un mal uso del agua potable, la sobreexplotación de las tierras o la manipulación tecnológica se conjugan para incrementar un fenómeno de inestabilidad climática cada vez mayor.

La contaminación producida por el ser humano y su estilo de vida hacen que se generen partículas de contaminación atmosférica que se acumula en las nubes y producen una disminución de la energía solar que alcanza la Tierra. Un fenómeno que modifica el patrón de precipitaciones e incrementa las sequías, afectando con ello a la fotosíntesis y amplificando los efectos del calentamiento de nuestro planeta.

El cambio climático «ya está ocurriendo» y entre sus principales consecuencias tenemos:

- La fusión de los casquetes polares.
- Una climatología extrema.
- La desaparición de especies animales y plantas.
- El aumento masivo y desproporcionado de fenómenos naturales, como ciclones, tifones, huracanes, desbordamiento de ríos, etc.
- La vulnerabilidad de los países empobrecidos.
- La aparición de enfermedades emergentes y reemergentes.
- O las migraciones de personas y animales.

Y sus efectos son detectables como, por ejemplo: la aparición de aguas contaminadas, el mal uso de los pesticidas, los sucesivos cambios en la temperatura, la humedad o la mano del hombre; hacen que este medio permanezca en un constante cambio, variando con ello los hábitats naturales y favoreciendo la aparición de nuevos patógenos, en ocasiones zoonóticos, que podrían saltar a la especie humana.

Los largos periodos de sequías e inundaciones que vienen produciéndose en diversos lugares del planeta ocasionan grandes pérdidas en las cosechas, con el consiguiente daño colateral del desplazamiento de personas y animales. Y ello conlleva un incremento del riesgo de transmitir enfermedades endémicas de los países de procedencia.

Debido al cambio climático, los biólogos han detectado también que existe una plasticidad fenotípica con rápidos cambios físicos en ciertos animales como las ardillas, los pájaros y mosquitos,

por tener que adaptarse a las nuevas condiciones. De manera que todas estas transformaciones que sufren los animales suponen un estado de estrés enorme y como consecuencia una disminución de su defensa inmunológica, aflorando con ello la aparición de determinados patógenos por zoonosis. Como consecuencia de lo descrito, los animales, en determinadas ocasiones, actúan como vectores y en otras como reservorios de la transmisión de enfermedades infecciosas al ser humano.

El exsecretario general de la ONU (Ban-Ki-Moon) ya alertó que: «el cambio climático no es una amenaza distante, sino que cada vez está más cerca y por ello advirtió que cuanto más nos retrasemos más alto será el precio que tendremos que pagar. No podemos negociar con la madre naturaleza, ella no espera, así que somos nosotros los que tenemos que adaptarnos y actuar»⁵. Las alertas se dispararon. Primero lo afirmó la NASA y después la ONU: «el colapso de la civilización está próximo».

El nuevo enfoque de la ONU no se centra ya en el deshielo de los glaciares y el peligro que supone para el oso polar la alteración de su hábitat. Esta vez apuntan a las serias dificultades que enfrentará la civilización en un periodo no muy lejano, entre cuatro y ocho décadas, para poder subsistir. El reto hoy es buscar la supervivencia de las especies humana y animal.

La disminución de recursos provocará que los estados planteen nuevos desafíos que determinarán y afectarán a sus políticas y estrategias de seguridad nacional.

El concepto de colapso de la civilización se haya cada vez más presente en las reuniones internacionales de las agencias de seguridad de numerosos países y sobre todo en la actual situación que vivimos.

Nos hallamos frente a una «tormenta perfecta» con ocasión de las confluencias existentes desde hace tiempo pero que en la actualidad se agravan como, por ejemplo, por el estallido de una guerra entre Rusia-Ucrania, por la crisis alimentaria, la crisis energética, la economía, el agua o el cambio climático que acabarán por generar un colapso en las próximas décadas.

El Departamento de Defensa estadounidense —el Pentágono— lleva trabajando en un proyecto al que definen como «el día

⁵ Climate Adaptation. Summit. New York, (EE. UU.), United Nations (UN). Disponible en: <https://www.un.org/es/food-systems-summit-2021-es/cumbre-internacional-en-l%C3%ADnea-sobre-la-adaptaci3n-clim%C3%A1tica>

después», y desde hace tiempo vienen preparando y elaborando el informe denominado «Conop 8888» que tiene como objetivo o finalidad formar a sus ejércitos para garantizar la supervivencia de la humanidad. El informe dibuja un escenario postapocalíptico a partir del cual han diseñado diferentes estrategias para poder salvar a la población mundial. El plan de contingencia para actuar fue desarrollado en el año 2011 y desde entonces el Comando Estratégico del Ejército estadounidense se adiestra bajo unas directrices en una base militar ubicada a las afueras de la ciudad de Omaha (Nebraska), y el escenario ficticio lo califican como «el desafío zombi», como metáfora de la escasez⁶.

Las características que reflejan la situación se sustentan en el desabastecimiento y escasez del agua, la carencia de electricidad, de aire limpio para respirar y de una gran parte de la corteza continental hundida bajo el agua. De hecho, se prevé que solo el 30 % de la población mundial logrará sobrevivir al colapso medioambiental. Esta predicción la afirmó James Lovelock, un científico meteorólogo famoso por la Hipótesis Gaia, que visualiza la Tierra como un sistema autorregulado. Fue él quien señaló la fecha de 2030 para la producción del colapso⁷.

Ya en nuestro país, Gerardo Benito, científico del CSIC y uno de los siete científicos españoles que participaron en la redacción del último informe del Panel Intergubernamental del cambio Climático (PCC) de Naciones Unidas, en una entrevista concedida al periódico online *El Confidencial*, se expresó de una forma menos catastrofista al afirmar que: «sin duda el cambio climático incidirá en la modificación de los ecosistemas terrestres, sobre todo en las especies que no tienen posibilidad de migrar o de adaptarse a las nuevas condiciones (reptiles, anfibios, etc.), así como la vegetación». Al mismo tiempo, resaltó la amenaza que representa la erosión de la línea de costa con la subida del nivel del mar, que sin duda tendrá un impacto importante en el Levante español: «... nuestro país tiene áreas muy vulnerables, respecto al cambio climático como el turismo, la energía y la agricultura, estas áreas son críticas para nuestra economía. Con la subida de temperaturas,

⁶ Poner esta cita a pie de página: <https://www.forbes.com/sites/davidsturt/2014/05/29/a-u-s-government-zombie-plan/?sh=3262a1a24dce>

⁷ Introducir esta cita a pie de página: https://mon.uvic.cat/tlc/files/2016/06/GAIA-lovelock_margulis_gaia_2__contra-versus.pdf

los turistas estarían más incómodos y vendrían menos, también para la energía, las precipitaciones son indispensables, tanto para la hidráulica como para la nuclear y para la agricultura. En esta situación se perderían, por falta de agua, cosechas importantes, no solo para nuestro consumo interno sino para los productos que importamos y que dejaríamos de importar»⁸⁹.

La reflexión que hizo Michel Jarraud, exsecretario general adjunto de la Organización Mundial de Meteorología y secretario general de la OMM entre 2004-2015, es que la situación actual del clima «es debido al resultado de la acción humana». En un informe de la ONU, desarrollado en 2014 en una reunión en Japón, sobre el clima, uno de los artífices del informe, Chris Field, dijo a la agencia *Associated Press* que está muy claro que no estamos preparados para asumir este tipo de situaciones y expuso los riesgos que podrían encuadrarse en cinco bloques:

- Violencia y enfrentamientos entre países por el acceso a los recursos.
- Aumento del precio de los alimentos y *puntos calientes* de hambre.
- Amplios territorios sin acceso a recursos hídricos.
- Desigualdad económica y generalización de la pobreza.
- Enfermedades crónicas y auge de las infecciones.

Recientemente en una reunión de expertos sobre el clima, han hecho hincapié en que hay una relación entre el calentamiento global y los conflictos bélicos. Matizan en primer lugar que no habría un enfrentamiento abierto entre países, pero se convertirá en un factor desestabilizador que acrecentará los motivos de enfrentamiento como consecuencia a la reducción de las zonas heladas del planeta, de las aguas compartidas o de los recursos alimentarios. Fenómenos como «El Niño» son capaces

⁸ Gil, I. Primero lo dijo la NASA y ahora la ONU: el colapso de la civilización está próximo. *El Confidencial*. Madrid. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2014-03-26/primero-lo-dijo-la-nasa-y-ahora-la-onu-el-colapso-de-la-civilizacion-esta-proximo_106883/

⁹ Gil, I. «Conop 8888», el informe que demuestra que el Pentágono trabaja en el día después. *El Confidencial*. Madrid. https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2014-05-19/el-pentagono-ya-trabaja-en-el-escenario-del-dia-despues-del-colapso-civilizatorio_131710/

de alterar el abastecimiento de alimentos básicos, pudiendo ocasionar revueltas populares como ocurrió en la «primavera árabe».

5. Enfermedades emergentes y reemergentes

En los últimos años y a pesar de los avances de las ciencias médicas, el mundo se enfrenta a emergencias y reemergencias que en muchos casos son enfermedades epidemiológicas.

En las enfermedades de nueva aparición, sus agentes etiológicos y su fisiopatogenia, son nuevos y a veces son difíciles de detectar, así como otras enfermedades que tuvieron determinados niveles de control y ahora se muestran con incidencias cada vez más altas convirtiéndose en problemas sanitarios de primera magnitud, tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados.

La mayoría de las enfermedades emergentes y reemergentes son consecuencia del mundo tan globalizado en el que nos movemos, donde el comercio, turismo y migraciones, son factores importantes en la aparición y extensión de estas. También juega un papel muy importante todo lo que hemos comentado anteriormente de las modificaciones del cambio climático y medio ambiente, así como la interrelación de los seres humanos con animales de compañía, animales salvajes y vectores, principalmente (Fauci, 2004: 242-249)¹⁰.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las enfermedades de etiología infecciosa son la tercera causa de muerte prematura en el mundo y la solución a la expansión de estas enfermedades requiere un esfuerzo cooperativo a nivel internacional y global, con un sistema de alerta muy temprana y una respuesta colectiva inmediata.

Las enfermedades emergentes son las que aparecen por primera vez en una población, en los últimos años como: legionelosis, enfermedad de Lyme, *Escherichia coli* enterohemorrágico, SIDA, virus del Nilo, ébola, síndrome pulmonar por hantavirus, fiebre hemorrágica venezolana, coronavirus, Covid-19, etc. Pero la cuestión que nos debemos plantear es la siguiente, ¿existen nuevas enfermedades o nuevos hospedadores?

¹⁰ Fauci, A. S. (2004). The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*. 430, pp. 242-249 Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature02759>

Las enfermedades reemergentes son aquellas que siendo bien conocidas y habiendo estado controladas en el pasado, sufren un incremento significativo de su incidencia como: tuberculosis multirresistente, difteria, dengue, cólera, tularemia, gripe, lengua azul, fiebre aftosa, peste porcina africana, etc.

Las enfermedades reemergentes son oportunistas, acantonándose muchas veces en el organismo y cuando encuentra el momento apropiado para manifestarse aparecen de forma explosiva, siendo en muchas ocasiones difíciles de controlar, debido a que se han hecho resistentes a la respuesta inmune del organismo y a los fármacos empleados para su contención (Suárez Larreinaga, Carmen Luisa y Verdasquera Corcho, 2000)¹¹.

Esta situación nos hace pensar en la necesidad de educar sanitariamente a la población, tanto en el uso de los medicamentos, especialmente de antibióticos, a fin de evitar la resistencia antibiótica de determinadas cepas de microorganismos infecciosos, así como informar de las campañas de vacunación contra diversas enfermedades, para mantener la erradicación de estas.

Es importante también la formación del personal sanitario, en el conocimiento de las enfermedades emergentes y reemergentes no propias de los países de residencia y, por lo tanto, desconocidas para el servicio, puesto que la globalización implica disponer de conocimiento de todas las enfermedades epidémicas existentes en el mundo, ya que en cualquier momento pueden aparecer de forma espontánea y en cualquier otro lugar del mundo.

6. Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB)

Tras los atentados de 11 de septiembre de 2001, tanto en España como en otros muchos países, se generó una enorme preocupación por posibles agresiones con agentes peligrosos, nucleares, radiológicos, químicos y biológicos, siendo la amenaza biológica la más preocupante, por la dificultad de detección para una respuesta inmediata.

Las emisiones deliberadas de agentes biológicos con fines nocivos, así como la aparición de enfermedades emergentes y ree-

¹¹ Suárez Larreinaga, C. L. y Verdasquera Corcho, D. Enfermedades emergentes y reemergentes: factores causales y vigilancia. https://www.researchgate.net/publication/262476156_Enfermedades_emergentes_y_reemergentes_factores_causales_y_vigilancia

mergentes, pueden ser manifiestas con efectos y víctimas evidentes de forma inmediata o bien de forma encubierta, en las que la contaminación a gran escala de las personas, animales, vegetales o el medio ambiente se puede producir antes de que los efectos sean patentes.

Para mitigar los efectos de estas emisiones resulta imprescindible que la detección de los agentes implicados y el reconocimiento de los casos en las personas y animales afectados se produzca en un breve espacio de tiempo. Solo entonces se podrá activar una respuesta multidisciplinar cuyo éxito dependerá de la celeridad y exactitud en la detección de los agentes y la determinación de los casos.

El proyecto denominado «Red de Laboratorios de Alerta Biológica» (RE-LAB), consiste en una herramienta de respuesta ante riesgos y amenazas biológicas, tanto a nivel nacional como internacional. El origen de este proyecto lo encontramos tras la dinámica internacional generada con ocasión de los atentados del 11 de septiembre del 2001 en los Estados Unidos, y más concretamente por la aparición de ataques mediante partículas de carbunco (ántrax) que se introdujeron en el correo postal ordinario, en dicho país.

Tras estos atentados bioterroristas la alarma cundió en el mundo entero y se empezó a informar de la aparición de un polvo blanco en circunstancias sospechosas. En España y otros países se produjo una afluencia masiva a los servicios médicos y urgencias debido a que muchas personas temían ser infectadas. Los fraudes proliferaron y las amenazas medioambientales se incrementaron.

6.1. Gestión de riesgo y amenaza bio

Debemos subrayar que, en el año 2001, dentro de las posibles amenazas NBQR (nuclear, biológico, químico y radiológico), las áreas nuclear, radiológica y química se encuentran organizadas y coordinadas a nivel nacional. Sin embargo, la amenaza biológica no se hallaba estructurada ni organizada para ofrecer una respuesta adecuada.

La labor de las autoridades y los organismos sanitarios es crucial ya que son los encargados de identificar los agentes propagados en las distintas áreas; humana, animal, vegetal y medioambiental, así como en las cadenas de distribución de alimentos y agua, entre otros. Asimismo, son los responsables de la toma urgente de medidas sanitarias de contención y posible tratamiento para

evitar su posterior propagación y, de esta forma, obtener un control sobre la posible infección.

Para emprender unas adecuadas medidas sanitarias es necesaria la identificación del agente causante, que se realiza por medio de dos grandes pilares: el primero tiene que ver con el diagnóstico clínico y protocolos validados que permitan confirmar o excluir rápidamente las emisiones deliberadas; y, en segundo lugar, por otro, con las máximas medidas de seguridad biológica (BSL3 y BSL4).

6.2. Preparación y respuesta frente a la amenaza biológica del ántrax

En el plano internacional, los primeros gobiernos que se movilizaron frente a la amenaza del ántrax tras los ataques de 11 de septiembre de 2001 fueron los de Estados Unidos y el Reino Unido de Gran Bretaña, quienes reforzaron sus actividades preventivas y acciones contra el terrorismo. Los médicos y el personal de urgencias recibieron amplias instrucciones sobre la manera de reconocer y tratar el ántrax (carbunco) y otras enfermedades como la peste bubónica, la viruela y el botulismo.

Los gobiernos se encontraron en una situación difícil; no querían avivar las llamas de la histeria sino garantizar a los ciudadanos que fuesen capaces de hacer frente a la amenaza de un ataque. Por lo que se elaboraron planes de información pública y se orientaron a los ciudadanos en previsión de un ataque biológico, pero el mero hecho de reconocer que existía tal amenaza avivó la histeria. Esta actitud es muy importante ya que «el informar es prevenir y no alarmar», cosa que muchos mandatarios tienen recelo a esta acción.

En el plano nacional, las primeras reacciones y decisiones políticas frente a esta amenaza fueron tomadas por la estructura que conformaba el Gobierno de la nación, en ese momento. En el ámbito de la gestión de crisis por medio del máximo órgano en el Gobierno: el Sistema Nacional de Conducción de Situaciones de Crisis (SN CSC), a través de la Comisión Delegada del Gobierno para Situaciones de Crisis (CDGSC). Este mismo órgano fue quien ordenó el 5 de octubre de 2001, además de las medidas generales de seguridad tras el atentado del 11 de septiembre de 2001, acometer la misión de revisar los planes y medios existentes, así como la aplicación de una serie de medidas preventivas y de respuesta a desarrollar que englobaron a gran parte de los Ministerios de Sanidad, de Defensa y de Interior, para poder hacer frente a la misma.

Posteriormente, y dentro del ámbito específico nacional de los organismos relacionados con la amenaza NBQR, las decisiones iniciales se empezaron a materializar por medio del Comité Nacional de Planes Civiles de Emergencia (CNPCE). Dicho organismo es quien ordena iniciar el estudio de las posibles acciones de coordinación necesarias dentro de las administraciones públicas afectadas, para hacer frente a este tipo de riesgos y amenazas, para con posterioridad, por medio de grupos de trabajo, iniciar el estudio, la planificación y el desarrollo de un sistema eficaz que nos permita enfrentarnos preventivamente al mismo, una forma de ofrecer respuesta.

A partir de ese preciso momento, el Ministerio de Defensa adquiere un protagonismo relevante, por medio de la Dirección General de Política de Defensa (DIGENPOL), como vicepresidente primero del CNPCE y, más concretamente, de la Subdirección General de Cooperación y Defensa Civil. Y como Secretaría Permanente del CNPCE, es la encargada de la formación y coordinación del grupo de trabajo de expertos (denominado Comité Científico-Técnico) para la creación de una red de laboratorios de referencia biológica.

6.3. El grupo de trabajo de la RELAB

El punto de partida de estudio del citado grupo fueron las lecciones aprendidas durante la crisis del ántrax, derivada de los atentados del 11 de septiembre del 2001, siendo su principal objetivo contar con una buena organización de respuesta frente a una amenaza biológica aprovechando los recursos nacionales (laboratorios de bioseguridad de nivel BSL3 y BSL3+, hospitales, recursos sanitarios, científicos, etc.) y actuar lo antes posible para la contención de dicha amenaza o ataque. Este tipo de amenazas, aun teniendo un avanzado sistema de detección, si no se desarrolla una excelente planificación y se cuenta con una buena estructura para una respuesta inmediata el efecto de la amenaza se extendería por todo el territorio nacional.

Una vez finalizada la crisis biológica de 11 de septiembre de 2001, el Comité Nacional de Planes Civiles de Emergencia (CNPCE) conminó al Ministerio de Defensa, a través del personal militar de veterinaria destinado en los laboratorios NBQR de la Marañosa, hoy Instituto Tecnológico de la Marañosa (Ministerio de Defensa), y a quienes, a nivel nacional, habían llevado la dirección de la crisis del ántrax, que organizaran una nueva red que pasó a denominarse «Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB)» con

la finalidad de ofrecer una respuesta rápida y efectiva a la futuras «emergencias sanitarias» y las amenazas bioterroristas.

Dentro del grupo de trabajo para crear la RE-LAB, además de los veterinarios militares, colaboraron médicos del ISCIII y el personal de la Presidencia de Gobierno, siendo nombrado el ISCIII como gestor final de dicha red.

Este es un ejemplo más de que la clave para ofrecer una respuesta a este tipo de amenazas se encuentra en el concepto *One Health* (única salud) donde la respuesta sanitaria debe ser rápida, acertada, eficaz y conjunta con la implicación de la mayoría de los servicios sanitarios del país.

Antes de pasar a analizar con detalle el proyecto RELAB, sin embargo, debemos realizar una primera aproximación a lo que, de forma genérica, debería contemplar un sistema de gestión en prevención y respuesta frente a los riesgos y amenazas biológicas.

6.4. El sistema de gestión

Los riesgos y amenazas biológicas presentan cuatro problemas genéricos:

- La necesidad de una detección rápida.
- Un tratamiento específico.
- La necesidad de descontaminación.
- El obligado control de las enfermedades que generan.

Se han expuesto diferentes soluciones posibles a estos problemas, aunque la más extendida pasa por el diseño de un sistema de defensa específico para situaciones de guerra y conflicto y otro dirigido a la protección en tiempo de paz.

El sistema diseñado para los tiempos de guerra o conflicto iría enfocado a hacer frente a las amenazas derivadas del empleo de armas de destrucción masiva.

Por otro lado, el sistema diseñado para tiempo de paz estaría enfocado a hacer frente a las amenazas derivadas del terrorismo —el bioterrorismo— y a los riesgos derivados de los accidentes y las epidemias.

Lo que es inequívoco es que, cualquier sistema genérico que diseñemos deberá tener dos componentes principales:

- Prevención.
- Respuesta.

Al mismo tiempo, cada sistema deberá contar con herramientas para hacer frente tanto a la prevención como a la respuesta, y que serían redes, organismos y planes específicos.

Por ello, el grupo de trabajo, formado para esta tarea, consideró oportuno cubrir cinco áreas de respuesta frente a un ataque biológico en nuestro país (salud humana, sanidad animal, sanidad vegetal, control de alimentos y medio ambiente), participando en dicho grupo científicos nacionales de cada área y responsables de laboratorios de seguridad biológica de nivel BSL3.

6.5. El proyecto RE-LAB

A continuación, en un breve resumen, plasmaremos los aspectos más importantes y relativos a la creación de la RELAB (Martín Otero y Soteras Escartín, 2007: 72-75)¹², incluyendo las aportaciones de la doctora Carmen Cañavate, actual gestora de la RE-LAB, en el ISCIII.

Resumidamente, el proyecto RE-LAB constituye una sólida herramienta de las autoridades españolas para ofrecer una respuesta eficaz, rápida y contundente contra los riesgos y las amenazas biológicas provenientes de patógenos potencialmente peligrosos para la salud, conformado por una red de laboratorios de alerta biológica con presencia en todo el territorio nacional y que cuenta con una estructura operando en tres niveles:

- En el nivel superior, conformado por tres órganos específicos: el Gobierno de la nación, quienes toman las decisiones; el Ministerio de Sanidad y Consumo, quienes dirigen las crisis sanitarias frente a este tipo de amenazas; y el Instituto de Salud de Carlos III, donde se lleva a cabo la gestión de crisis.
- En el nivel intermedio, constituido en la actualidad por el gestor de la RE-LAB —que es el Instituto de Salud Carlos III, y un grupo de laboratorios de referencia de nivel BSL3 y BSL3+—, para hacer frente a los riesgos y amenazas.

¹² Martín Otero, L. E. y Soteras Escartín, F. (2007). Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RELAB). *Revista del Colegio Oficial de Veterinarios de Madrid*. Año 16-N.º 65. Enero-Marzo 2007, pp. 72-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3672649>



Imagen 1. Fuente: https://www.ieee.es/Galerias/ficheros/Otras%20Publicaciones/Nacional/2016/ActoresNo%20Estatales_Res1540.pdf

Y, finalmente, en el nivel inferior, nos encontraríamos con los laboratorios de referencia de cada una de las áreas descritas y la red que conforman y con los laboratorios pertenecientes a la RE-LAB, además de ser utilizada en funciones de prevención se previó el establecimiento de enlaces permanentes con otras redes como, por ejemplo, la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, la Estructura de Reconocimiento e Inspección Sanitaria, la Red de Alerta de Sanidad Veterinaria (RASVE), así como las redes internacionales de alerta e información biológicas.

Finalmente, en febrero de 2010 se estableció su operatividad inicial por medio de la Orden PRE/305/2009, por la que se creó la «Red de Laboratorios de Alerta Biológica RE-LAB», integrada inicialmente por un total de cinco laboratorios de referencia y otros dos de apoyo, todos ellos coordinados por el Instituto de Salud Carlos III.

Durante los años siguientes fueron precisos diversos acuerdos (entre los años 2009 y 2016-2017) y se estableció un protocolo de actuación y la ampliación y duplicación de los puntos focales, específicamente dirigidos a las áreas de riesgo, consolidando una red total de doce laboratorios de referencia, cubriendo los ámbi-

tos especializados de la microbiología, la salud pública, la sanidad animal, la sanidad ambiental, la seguridad alimentaria, la sanidad vegetal y cualquiera otra área de investigación relacionada.

La Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB), ha sido regulada en el *Boletín Oficial del Estado* número 311, de 26 de diciembre de 2018, en el apartado del Ministerio de la Presidencia y Relaciones con las Cortes e Igualdad, fue publicada la Orden PCI/1381/2018, de 18 de diciembre, por la que se regula la Red de Laboratorios de Alerta Biológica «RE-LAB».

7. Conclusiones

El concepto *One Health* es fundamental para ofrecer una respuesta, veraz y rápida a cualquier crisis de origen biológico.

La posibilidad de que aparezcan nuevos episodios zoonóticos es elevado por motivo de la globalización, debido al contacto entre el ser humano y diversos hábitats de la naturaleza (vegetación, animales salvajes, alimentos mal controlados, etc.).

Por otro lado, el cambio climático es el origen principal de la aparición de enfermedades emergentes y reemergentes, debido a la adaptación de los microorganismos a dichos cambios.

La Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RE-LAB), es la herramienta que el Gobierno de la nación, tiene para dar respuesta, de forma rápida y veraz, a crisis biológicas de patógenos muy peligrosos que podrían ocasionar grandes trastornos en: salud pública, sanidad animal, medioambiente, alimentación y agroterrorismo.

8. Bibliografía

- Fauci, A. S. (2004). The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*. 430, pp. 242-249 Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature02759>
- Martín Otero, L. E. y Soteras Escartín, F. (2007). Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RELAB). *Revista del Colegio Oficial de Veterinarios de Madrid*. Año 16-N.º 65. Enero-Marzo 2007, páginas 72-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3672649>
- Suárez Larreinaga, C. L. y Verdasquera Corcho, D. (2000). Enfermedades emergentes y reemergentes: factores causales y vigilancia. *Revista Cubana de Medicina General*

Integral. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262476156_Enfermedades_emergentes_y_reemergentes_factores_causales_y_vigilancia

Capítulo decimocuarto

Desinformación y estrategias de comunicación frente a las amenazas biológicas

*Alejandro González Fernández
Jesús Díez Alcalde*

Resumen

Las campañas de desinformación, con carácter general y más en concreto las vinculada a las armas biológicas, no son una amenaza nueva. Sin embargo, los avances tecnológicos de las últimas décadas y los cambios sociales en el ámbito de la comunicación han facilitado su difusión, hasta conseguir que estas campañas de desinformación sean hoy menos costosas, al tiempo que más difícilmente atribuible y con un mayor alcance. Para poder hacerles frente en este nuevo ecosistema, es necesario conocer en profundidad la amenaza, así como las herramientas y procesos para evitar que sus narrativas penetren en la sociedad y condicionen su vida cotidiana. En este sentido, incrementar el conocimiento de los ciudadanos sobre el campo de las amenazas biológicas, así con articular estrategias de comunicación, son una buena barrera para prevenir futuras campañas de desinformación y, en su caso, paliar sus efectos.

Palabras clave

Desinformación, armas biológicas, estrategias de comunicación.

Disinformation and communication strategies against biological threats

Abstract

Disinformation campaigns, in general and more specifically those linked to biological weapons, are not a new threat. However, technological advances in recent decades and social changes in the field of communication have facilitated their spread, to the extent that these disinformation campaigns are now less costly, more difficult to attribute and have a greater reach. In order to confront them in this new ecosystem, it is necessary to have an in-depth knowledge of the threat, as well as the tools and processes to prevent their narratives from penetrating society and conditioning daily life. In this sense, increasing public awareness of biological threats, as well as articulating communication strategies, are a good barrier to prevent future disinformation campaigns and, if necessary, mitigate their effects.

Keywords

Disinformation, bioweapons, communication strategies.

1. Introducción

En la historia reciente, muchas han sido las campañas de desinformación que han tenido como punto central de su narrativa la proliferación, el desarrollo o el empleo de armas biológicas. Entre las más recientes, las relacionadas con el origen del virus SARS-CoV-2 o las acusaciones del Ministerio de Defensa ruso sobre la existencia de laboratorios de desarrollo de armas biológicas en Ucrania.

Durante la segunda mitad del siglo XX, la Unión Soviética y sus aliados llevaron a cabo una campaña continuada de acusaciones falsas sobre el empleo de armas biológicas por parte de Estados Unidos (Leitenberg, 2021). Una de las primeras campañas fue lanzada con motivo de la guerra de Corea (1950-1953). Por entonces, Corea del Norte y China acusaron a Estados Unidos de utilizar aviones para esparcir insectos que habían sido infectados con enfermedades como el cólera, la peste o la viruela. Por su parte, la Unión Soviética apoyó activamente estas acusaciones en organismos internacionales y contribuyó a la creación de evidencias falsas para sustentarlas (Leitenberg, 2008).

Asimismo, en numerosas ocasiones y sin evidencias sustanciales, Cuba acusó a Estados Unidos de usar armas biológicas contra su población, ganado y cultivos, con un claro objetivo político y diplomático de perjudicar la imagen de ese país tanto a nivel doméstico como en el plano internacional; y al mismo tiempo, evadir la responsabilidad del gobierno cubano sobre algunas de las plagas o epidemias (Zilinskas, 1999). Algunas de estas acusaciones, fueron también amplificadas por la Unión Soviética¹.

Sin embargo, la campaña de desinformación más prolífica en este ámbito fue la realizada por la Unión Soviética en los años 80 para acusar a Estados Unidos de desarrollar el VIH. Aunque el origen de esta teoría de la conspiración no está demostrado que surgiera en los servicios de inteligencia soviéticos (Geissler & Sprinkle, 2013), sí que fueron estos los que desarrollaron una campaña de desinformación para difundirla, obteniendo así un impacto y

¹ Soviet Influence Activities: A Report on Active Measures and Propaganda, 1987-1988. (Agosto, 1989). Departamento de Estado de los Estados Unidos. Disponible en: <https://www.globalsecurity.org/intell/library/reports/1987/soviet-influence-activities-1987.pdf>

* Todos los enlaces se encuentran activos a fecha de cierre del presente documento, 22 de septiembre de 2022.

alcance muy significativos, cuyos efectos son palpables aún a día de hoy: por ejemplo, en la población afroamericana de Estados Unidos, donde un porcentaje significativo sigue creyendo que el VIH fue creado como arma biológica (Leitenberg, 2021).

En España, la Unión Soviética también aprovechó la intoxicación masiva por el aceite tóxico de colza, que tuvo lugar en 1981, para acusar, a través de un despacho de la Agencia de Telégrafos de la Unión Soviética (TASS), a Estados Unidos de ser el responsable. En esta ocasión, alegaron que sería la consecuencia de una fuga de la base aérea de Torrejón de Ardoz, donde se estarían fabricando armas bacteriológicas². Esta narrativa cobró tanta relevancia que, hasta en al menos dos ocasiones, la Embajada de Estados Unidos en Madrid tuvo que desmentir las acusaciones³.

Más recientemente, la Federación Rusa ha tomado el testigo de la Unión Soviética y ha utilizado su aparato mediático para seguir difundiendo acusaciones falsas, que han intentado vincular diferentes instalaciones estadounidenses con brotes de ébola en Liberia y Sierra Leona⁴ o la difusión del virus del zika en el mar Negro⁵.

Pero, sin duda, ha sido la pandemia de la Covid-19 la que mejor ha puesto de manifiesto los intentos de actores como Rusia y China para vincular el origen del virus con laboratorios estadounidenses y como parte de actividades de guerra biológica⁶.

Por último, la actual invasión ilegítima de Rusia a Ucrania también ha estado acompañada de una campaña de acusaciones sobre la existencia de laboratorios estadounidenses de armas biológicas en ese país. Acusaciones que buscan, por un lado, legitimar la

² Jaén y Cáceres se suman a las provincias afectadas por la neumonía atípica. (28 de mayo de 1981). *El País*. Disponible en: https://elpais.com/diario/1981/05/28/espana/359848826_850215.html

³ Nuevo mentís norteamericano a los rumores sobre la base de Torrejón. (22 de mayo de 1981). *El País*. Disponible en: https://elpais.com/diario/1981/05/22/espana/359330423_850215.html

⁴ US Links to Bio-Warfare Labs in Ebola Zone: Scholar. (9 de octubre de 2014). *RIA Novosti*. Disponible en: <https://sputniknews.com/analysis/20141009193837038-US-Links-to-Bio-Warfare-Labs-in-Ebola-Zone-Scholar/>

⁵ Онищенко: причиной распространения вируса Зика может быть биооружие. (2 de febrero de 2016). *RIA Novosti*. Disponible en: <https://ria.ru/20160202/1368653405.html>

⁶ Servicio Europeo de Acción Exterior. (2020). Short assessment of narratives and disinformation around the Covid-19 pandemic. Disponible en: <https://euvsdisinfo.eu/uploads/2020/05/EEAS-Special-Report-May-1.pdf>

invasión; y, por otro, desprestigiar a Estados Unidos tanto a nivel internacional como frente a la población ucraniana⁷.

Con todo esto, se concluye que las campañas de desinformación vinculadas a narrativas de guerra biológica no son algo novedoso. Sin embargo, en la actualidad, los recursos que son necesarios emplear para desarrollar y difundir una campaña son mucho menores gracias a las nuevas tecnologías. Además, el alcance que se consigue es mucho mayor, y también se reducen los tiempos entre la difusión inicial y la distribución a nivel internacional de las narrativas desinformativas.

En casi todos los episodios descritos, el principal actor afectado, Estados Unidos, ha llevado a cabo campañas de comunicación y de diplomacia pública para desmentir las acusaciones e intentar limitar los efectos nocivos de la desinformación. Sin embargo, tal y como se aprecia con el ejemplo del VIH, no siempre se ha conseguido evitar que las narrativas desinformativas calen y permanezcan en parte de la población, ya sea doméstica o de otro país. Por este motivo, con la evolución de las técnicas usadas para el despliegue de las campañas de desinformación, los estados democráticos y sus sociedades, también han estudiado y desarrollado diferentes métodos para intentar hacer frente a esta amenaza. Unos métodos que van desde el incremento de la alfabetización mediática hasta la regulación de algunas tecnologías para limitar su uso abusivo, pasando por el desarrollo de estrategias de comunicación que permitan no solo refutar la desinformación, sino adelantarse a la misma y prevenir sus efectos.

2. El desafío de la desinformación

Si bien el término desinformación es relativamente reciente, la primera constancia data de mediados del siglo XX, el empleo de la conducta que describe, relacionada con la manipulación y el engaño, se remonta a los orígenes de la organización social del ser humano (Rodríguez Andrés, 2018).

Históricamente, la manipulación y el engaño se han orientado, por un lado, para obtener una ventaja sobre el enemigo en el marco de acciones militares; y, por otro, como forma de control sobre la población por parte de gobernantes totalitarios. En

⁷ How U.S. Bioweapons in Ukraine Became Russia's New Big Lie. (10 de marzo de 2022). Foreign Policy. Disponible en: <https://foreignpolicy.com/2022/03/10/bioweapons-ukraine-russia-disinformation/>

estos contextos, anteriores al siglo XX, las técnicas empleadas no requerían de gran complejidad. En primer lugar, porque los flujos de comunicación iban desde las élites directos a los súbditos; y a continuación, porque la alta tasa de analfabetismo y el control de las imprentas por parte de las élites limitaba los canales disponibles para que actores extranjeros las llevaran a cabo (Romero Rodríguez, 2013).

Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación en el siglo XX —primero la radio y, posteriormente, la televisión—, unido al auge de las democracias y el avance en los derechos de libertad de prensa e información; las posibilidades para llevar a cabo actividades de manipulación informativa se incrementaron en gran medida. Además, gracias a los medios audiovisuales, el analfabetismo ya no era un factor limitante. Junto a esto, el traspaso de poder de las clases dirigentes a la ciudadanía en los sistemas democráticos también abrió la puerta a la manipulación de las sociedades por parte de terceros estados hostiles, como medio para que estos cambien sus políticas.

En este nuevo contexto, la Unión Soviética destacó por la profesionalización de la desinformación como parte de lo que denominaba medidas activas (Rid, 2020). El concepto de medidas activas englobaba una serie de actividades ofensivas encubiertas o manipuladoras, desplegadas en apoyo de la política exterior soviética. Dentro de esta categoría se incluyen, aparte de la desinformación, la filtración de información, la influencia sobre partidos políticos y movimientos sociales, la creación de asociaciones culturales y ONG, el despliegue y captación de agentes de influencia en las élites sociales y académicas y, ocasionalmente, los actos de sabotaje, terrorismo e incluso asesinatos selectivos. Los soviéticos consideraban las medidas activas como operaciones clandestinas destinadas a extender la influencia y poderío de la URSS de forma global. Como instrumento ofensivo de su política exterior, perturbaban sistemáticamente las relaciones entre las naciones, desacreditaban a los oponentes a su régimen e influían sobre los gobiernos extranjeros en favor de sus planes y de su política⁸.

El Departamento de Estado de Estados Unidos diferenciaba las medidas activas del espionaje y de la contrainteligencia, pues

⁸ Darczewska, J. & Żochowski, P. (2017). Active Measures: Russia's Key Export. *Point of View*, Issue 64. Disponible en: <https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/point-view/2017-05-30/active-measures-russias-key-export>

el objetivo de las primeras era influir en las opiniones y percepciones de gobiernos y de la opinión pública con el propósito de obtener una reacción específica⁹.

Estos objetivos de las medidas activas quedan patentes en los ejemplos de despliegue de campañas de desinformación sobre armas biológicas. Por ejemplo, con el fin de socavar las relaciones entre Estados Unidos y los países africanos y de Oriente Medio, la Unión Soviética difundió, en los países de estas regiones, acusaciones a Estados Unidos de estar trabajando —de forma separada— con Israel y Sudáfrica para desarrollar armas biológicas diseñadas para matar individuos de raza árabe y negra respectivamente¹⁰.

En esa misma línea, y buscando generar fricciones entre aliados y obstaculizar el despliegue de bases militares estadounidenses en el extranjero, la URSS también acusó a Estados Unidos de diseminar enfermedades en Pakistán usando una instalación de investigación contra la malaria en ese país (Leitenberg, 2021).

Asimismo, la Unión Soviética utilizó reiteradamente su aparato de propaganda en el exterior para difundir desinformación, principalmente a través de sus agencias de noticias (TASS y APN), con gran presencia internacional y capacidad para remitir sus noticias a medios locales de numerosos países; revistas, publicadas a través de organizaciones locales afines al Partido Comunista; emisoras de radio, con las que llegaron a emitir en más de 80 idiomas; o programas de televisión, emitidos en el extranjero mediante acuerdos con canales locales.

Además, cuando Moscú se quería desvincular de alguna filtración (generalmente documentos total o parcialmente falsos), estos eran enviados directamente a medios de comunicación de otros países, de forma anónima o a través de periodistas pagados por sus servicios de inteligencia. En este caso, se solía recurrir a medios de países procomunistas o en vías de desarrollo,

⁹ Active Measures: A Report on the Substance and Process of Anti-U.S. Disinformation and Propaganda Campaigns. (Agosto, 1986). Departamento de Estado de los EE.UU. Disponible en: <http://insidethecoldwar.org/sites/default/files/documents/Soviet%20Active%20Measures%20Substance%20and%20Process%20of%20Anti-US%20Disinformation%20August%201986.pdf>.

¹⁰ Soviet Influence Activities: A Report on Active Measures and Propaganda, 1987-1988. (Agosto, 1989). Departamento de Estado de los Estados Unidos. Disponible en: <https://www.globalsecurity.org/intell/library/reports/1987/soviet-influence-activities-1987.pdf>.

estos últimos por la mayor facilidad para comprar a periodistas. En ocasiones, estos medios eran citados posteriormente por el aparato de propaganda soviético con el objetivo de amplificar su difusión en otras regiones¹¹.

Tras la disolución de la Unión Soviética, la Federación de Rusia ha continuado empleando estas tácticas, adaptándolas a los avances tecnológicos y sociales. En este sentido, el surgimiento de Internet y más concretamente de la web social o 2.0, ha propiciado un cambio respecto a la forma en la que la información se genera y se consume, lo que ha abierto el abanico de posibilidades para la creación y difusión de desinformación.

Uno de los principales cambios ha sido la desintermediación de los medios de comunicación tradicionales en el consumo de información. En el pasado, los periodistas canalizaban la información hacia la sociedad, aplicando unas mínimas garantías sobre su veracidad y calidad. Aunque estas medidas, no siempre infalibles, supusieron una barrera importante para la difusión de la desinformación soviética en Occidente durante el siglo XX. No obstante, en la actualidad son los propios usuarios los que, cada vez más, crean contenido y lo difunden a través de redes sociales o plataformas de mensajería instantánea, en muchas ocasiones con completa ausencia de rigor informativo.

Estas nuevas dinámicas de comunicación han traído consigo nuevas formas de explotar vulnerabilidades sociales y psicológicas, que antes estaban menos al alcance de actores extranjeros. En esta línea, el incremento de los canales de información y del número de comunicaciones que cada persona recibe cada día, genera una sobrecarga que interfiere con la capacidad de asimilación y de análisis racional y puede generar un efecto de asilamiento del entorno. Esta evitación en el consumo de noticias crea un contexto favorable para la desinformación, ya que este tipo de narrativas, generalmente sensacionalistas e impactantes, consiguen llegar al usuario a través de amigos o familiares, pero este no tiene otra información previa de rigor con la que contrastarlo al haber dejado de consumir noticias de medios fiables (Tandoc & Kim, 2022).

Internet también ha propiciado que los usuarios interaccionen cada vez más con personas y contenidos de intereses y opiniones similares, lo que se conoce como cámaras de eco. Además,

¹¹ Active Measures: A Report on the Substance and Process of Anti-U.S. Disinformation and Propaganda Campaigns. (agosto, 1986).Departamento de Estado de los EE.UU.

los algoritmos de las redes sociales tienden a recomendar a los usuarios contenido que genere más interacción con la plataforma, priorizando a veces contenido sensacionalista frente a productos de calidad. Todo ello, en última instancia, favorece la difusión de contenido desinformativo, que generalmente se diseña para apelar a las emociones del receptor¹².

Por último, las redes sociales se explotan para crear una difusión artificial de contenidos, mediante la creación de cuentas falsas automatizadas, lo cual hace creer a la red social que ese contenido es popular y, por ende, se lo muestre a su vez a más usuarios. Esta técnica, aparte de aprovecharse de los algoritmos de las redes sociales, permite explotar actitudes sociales como la espiral del silencio, por la cual un individuo adapta su comportamiento para asemejarlo al de su entorno y evitar así el aislamiento (Noëlle-Neumann, 1995).

Por otro lado, el propio funcionamiento de las redes sociales y la implementación de métricas para evaluar, por ejemplo, cuánto tiempo pasa cada persona viendo una determinada noticia, permiten medir rápidamente el impacto de cada comunicación y comparar así diferentes estrategias en su diseño y difusión e identificar la fórmula que mejor funciona. Esta medición de impacto era mucho más difícil en tiempos de la radio o televisión. Por entonces, si bien existían métodos para medir la audiencia, no era fácil medir la respuesta, lo cual actualmente se puede vislumbrar con las interacciones como comentarios, «me gusta» o *retweets*, entre otros.

Además, con los avances en el estudio de la psicología de la comunicación sobre cómo se percibe y almacena la información, no solo los medios de comunicación y agencias de marketing han perfeccionado la efectividad de sus mensajes; sino que, también los actores que emplean la desinformación, han aprovechado este conocimiento para mejorar tanto los contenidos como las estrategias de difusión, con el objetivo de obtener un mayor impacto en la población objetivo¹³.

Todo esto ha supuesto que, en la actualidad, las campañas de desinformación sean más baratas, más difíciles de atribuir y que disminuyan

¹² Flore, M., et al. (2019). Understanding Citizens' Vulnerabilities to Disinformation and Data-Driven Propaganda. Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC116009>

¹³ Ibid.

los tiempos necesarios para llegar a una gran audiencia, e incluso para colarse en medios de comunicación tradicionales.

De esta forma, en los últimos años, el concepto de desinformación también ha ido evolucionando, desde definiciones centradas en el contenido, engañoso o falso, a otras focalizadas en el carácter manipulador tanto del contenido como de la difusión, que busca modelar las percepciones del receptor sin que este sea consciente, de forma similar, aunque guardando las distancias, a la publicidad subliminal.

Según se ha ido constatando este nuevo riesgo, gobiernos y sociedades en su conjunto han intentado avanzar en la implementación de mecanismos para eliminar o reducir las vulnerabilidades que, fruto de los recientes cambios sociales y tecnológicos, están siendo explotadas para la difusión de desinformación.

En este sentido, frente a las estrategias pretéritas o las actuales en regímenes totalitarios, basadas en el control y censura de la información; las democracias están intentando avanzar en la limitación de los riesgos de la desinformación a través de la garantía de indemnidad de los derechos y libertades fundamentales, como libertad de expresión y de opinión y la libertad de información y prensa.

Ejemplo de ello son los diferentes planes de desarrollado por la Unión Europea para evitar la injerencia extranjera por medio de la desinformación, entre los que destacan el Plan de Acción contra la Desinformación¹⁴, de 2018; el Plan de Acción para la Democracia Europea¹⁵ y la Brújula Estratégica¹⁶, ambos de 2021. Entre los principales ejes de estos planes, se encuentra incrementar las capacidades de detección y respuesta, así como la coordinación tanto a nivel nacional como entre Estados y con las instituciones de la UE; el fomento de la cooperación con la academia y la sociedad civil, como mejor forma de conocer la ame-

¹⁴ Comisión Europea. Comunicación conjunta, JOIN(2018) 36 final, al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el Plan de Acción contra la desinformación, de 26 de abril de 2018.

¹⁵ Comisión Europea. Comunicación, COM(2020) 790 final, al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el Plan de Acción para la Democracia Europea, de 3 de diciembre de 2020.

¹⁶ Consejo de la Unión Europea. (2022). Una Brújula Estratégica para la Seguridad y la Defensa – Por una Unión Europea que proteja a sus ciudadanos, defienda sus valores e intereses y contribuya a la paz y la seguridad internacional.

naza; y el avance en el desarrollo para la imposición de costes a los actores hostiles que utilizan las campañas de desinformación.

También se está avanzando en limitar que las nuevas tecnologías puedan ser explotadas para desplegar técnicas que buscan manipular a los usuarios: por ejemplo, mediante el uso de automatismos en las redes sociales para difundir artificialmente mensajes o amplificar conversaciones que en realidad no tienen relevancia para los usuarios, lo que se conoce como comportamiento inorgánico, explotando los algoritmos de recomendación de estas plataformas. En este sentido, destacan el Código de Buenas Prácticas en materia de Desinformación¹⁷, un mecanismo autorregulatorio con el que las plataformas se comprometen a la implementación de unas políticas para evitar que se abuse de sus redes sociales para difundir desinformación; y la futura Ley de Servicios Digitales¹⁸, que requerirá mayor transparencia a estos proveedores y la elaboración de análisis de riesgo sobre amenazas que puedan hacer un uso abusivo de sus sistemas, como la desinformación.

Por último, con el objetivo de incrementar el conocimiento sobre esta amenaza y los riesgos que implica para las sociedades democráticas, la Unión Europea ha financiado una red de observatorios nacionales o regionales¹⁹, en la que universidades, verificadores y centros de pensamiento analizan desde las técnicas usadas actualmente para desplegar campañas de desinformación hasta nuevos métodos para hacerles frente.

A nivel nacional, también se han implementado mecanismos para mejorar la capacidad de detección y respuesta del Estado ante campañas de desinformación, mediante el procedimiento de actuación contra la desinformación²⁰; y para impulsar el conocimiento de esta amenaza y evaluar los mecanismos de respuesta mediante un mecanismo de cooperación público-privado: el foro contra las

¹⁷ Comisión Europea. (2022). The Strengthened Code of Practice on Disinformation. Disponible en <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/2022-strengthened-code-practice-disinformation>

¹⁸ Información sobre la propuesta. Disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-services-act-package>

¹⁹ Más información disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/european-digital-media-observatory-second-phase-call-proposals-creation-national-hubs-digital-media>

²⁰ España. (2020). Orden PCM/1030/2020, de 30 de octubre, por la que se publica el Procedimiento de actuación contra la desinformación aprobado por el Consejo de Seguridad Nacional. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de noviembre de 2020, n.º 292, pp. 96673 a 96680.

campañas de desinformación en el ámbito de la seguridad nacional²¹, que reúne a representantes de la Administración Pública, la academia, el sector privado y la sociedad civil. Además, la última revisión de la Estrategia de Seguridad Nacional, aprobada en diciembre de 2021²², recoge las campañas de desinformación como una amenaza con especial potencial para afectar a los procesos democrático e intereses nacionales y llama a elaborar una estrategia específica para afrontar esta amenaza.

3. Conocimiento y comunicación como herramienta en la lucha contra la desinformación

Frente a las campañas de desinformación, la mejor herramienta para proteger a la población de la inestabilidad y el temor social que pueden provocar es incrementar su conocimiento general sobre el ámbito del que se trate, para lo que es imprescindible su inclusión en el sistema educativo, y también el diseño y aplicación de estrategias de comunicación singularizadas tanto en la temática como en las audiencias objetivo y los medios de difusión empleados. Por otro lado, y para conocer el estado de la cuestión, resulta necesario evaluar y analizar el punto de partida, que no es otro que el nivel de conocimiento social sobre el asunto central que pretendemos abordar y, sobre todo, la preocupación que suscita y la percepción —en su caso— de la amenaza que supone para la vida cotidiana de la ciudadanía.

En la Unión Europea, y según el Standard Eurobarometer 97 - Summer 2022²³, la proliferación de armas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares no figura entre las principales preocupaciones de los ciudadanos europeos. Tanto a nivel de la UE como nacional, esta encuesta refleja la percepción pesimista sobre la economía, hasta situar el aumento de la inflación y el coste de la vida como la cuestión social más importante; al tiempo que —en el ámbito de los desafíos y amenazas que enfrentamos— la segu-

²¹ España. (2022). Orden PCM/541/2022, de 10 de junio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 31 de mayo de 2022, por el que se crea el Foro contra las campañas de desinformación en el ámbito de la Seguridad Nacional y se regula su composición y funcionamiento. *Boletín Oficial del Estado*, 15 de junio de 2022, n.º 142, pp. 82833 a 82837.

²² España. (2021). Real Decreto 1150/2021, de 28 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2021. *Boletín Oficial del Estado*, 31 de diciembre de 2021, n.º 314, pp. 167795 a 167830.

²³ Standard Eurobarometer 97 - Summer 2022. European Union. (September 2022). Disponible en: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2693>

ridad energética, la situación internacional, la inmigración, la seguridad sanitaria, el crimen organizado o el terrorismo figuran entre las mayores preocupaciones para los ciudadanos europeos y, más en concreto, también para los españoles.

Por otro lado, y en clave nacional, la percepción social sobre la amenaza que supone la proliferación de armas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares tampoco alcanza unos índices muy significativos en el cómputo general. Como refleja la encuesta realizada por la Fundación Alternativas —¿Qué amenazas enfrenta la seguridad de España y quién la protege? Enero 2022²⁴—, tan solo el 13,7 % de los encuestados señala esta amenaza entre las principales para la seguridad de España, muy lejos de la propagación de enfermedades infecciosas (44,4 %), el terrorismo internacional (42 %), el cambio climático y los desastres naturales (40,8 %) o la desinformación (24,8 %). Sin embargo, y como un parámetro fundamental para dimensionar la preocupación que suscita este asunto, conviene subrayar que el 70,5 % considera que está nada o poco protegido frente a esta amenaza.

Asimismo, y como aspecto fundamental para diseñar cualquier estrategia de comunicación, resulta oportuno valorar la fiabilidad social sobre los distintos medios de comunicación, claves para conformar la opinión pública. Como señalábamos anteriormente, las redes sociales se han convertido en la principal vía para difundir contenidos falsos, realizar actividades de manipulación informativa y —mucho más dañino para la estabilidad social— propagar campañas de desinformación. En este contexto, destacar dos aspectos que refleja el Barómetro del Real Instituto Elcano (42.^a oleada)²⁵; por un lado, las redes sociales son el principal medio de información para el 73 % de las personas entre 18 y 29 años en España; aunque, por otro lado, «pese su intenso uso, la fiabilidad media que generan las noticias procedentes de las redes sociales es baja, con una media de un 4,0 sobre 10». Sin duda, unos datos que son imprescindibles para establecer canales específicos de información para audiencias específicas dentro de nuestras estrategias de comunicación.

²⁴ ¿Qué amenazas enfrenta la seguridad de España y quién la protege? (Enero 2022). Encuesta Fundación Alternativas. Disponible en: https://www.fundacionalalternativas.org/storage/opex_documentos_archivos/1cad52dd91f14a0e26bdd730cbab46db.pdf

²⁵ Barómetro del Real Instituto Elcano (42.^a oleada). Resultados octubre-noviembre de 2021 y febrero de 2022. Disponible en: <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2022/02/42brie-informe-febrero2022.pdf>

3.1. Claves para una estrategia de comunicación

Con todo lo anterior, resulta procedente establecer y desarrollar estrategias de comunicación que —consciente del peligro que entraña— coadyuve a incrementar la concienciación social sobre los ataques con armas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares, que ya superan con mucho la permanente rivalidad entre Estados Unidos y la Federación Rusa y pueden afectar —ya sea por un ataque directo o a través de campañas de desinformación— a la estabilidad y la paz de las democracias occidentales. De forma sucinta, estas estrategias de comunicación deben contemplar los siguientes parámetros y elementos, que son extrapolables a cualquier ámbito que centre la lucha contra la desinformación:

1. Características generales de la estrategia de comunicación.

- Diseñada y ejecutada de acuerdo con un sistema predeterminado y sistemático, no solo como reacción a un evento; y orientarse tanto al corto como al medio plazo.
- Incluir acciones a nivel estratégico, operacional y táctico, con un alto grado de coordinación y sincronización entre todos los actores implicados.
- Identificación de las fortalezas y vulnerabilidades de la sociedad objetivo, así como de la información crítica que puede fundamentar las campañas de desinformación.
- Definición del público objetivo, con diferenciación de acciones dirigidas a distintos sectores sociales (especialmente, rangos de edad).
- Selección adecuada de los canales de comunicación, que consideren los hábitos de empleo de los diferentes rangos de edad, niveles culturales o ideologías.
- Dirigida a informar, influir y promover un mayor conocimiento y concienciación en las audiencias objetivo, así como a generar confianza de la protección que brinda el Estado ante la amenaza.
- Comunicación fundamentalmente proactiva, como base para prevenir las campañas de desinformación y para evitar que actores extranjeros puedan explotar las vulnerabilidades sociales.

- Planeamiento de las acciones de comunicación reactiva que, basadas en la verdad, presten especial atención a aspectos relativos a contrarrestar la información falsa o manipulada y a establecer la contranarrativa.

2. Audiencia objetivo.

- Análisis exhaustivo de la audiencia: conformación, segmentación y grado de vulnerabilidad ante posibles campañas de desinformación.
- Estudio de las preferencias y hábitos de los distintos sectores de la audiencia objetiva como base para el diseño de acciones comunicativas.
- Implicación de las propias audiencias objetivos en el desarrollo de la estrategia de comunicación.

3. Canal de comunicación.

- Valoración de la eficacia de los distintos canales de comunicación —personal, medios tradicionales de información (televisión, prensa y radio) y redes sociales— en virtud de las narrativas, las audiencias y el objetivo de la acción o campaña comunicativa.

4. Narrativas.

- Planeamiento de las narrativas basado en un análisis de los valores y principios de la sociedad y las instituciones del Estado a proteger.
- Valoración de la idoneidad y el empleo de narrativas proactivas o reactivas, según el contenido, objetivo y oportunidad de las distintas acciones de comunicación.
- Selección de contenidos y lenguaje adaptados a las audiencias objetivo, y a los distintos canales de comunicación.
- Basadas en la verdad, la transparencia, la integridad y la preservación del interés general de la sociedad.

5. Valoración y seguimiento.

- Planeamiento de acciones permanentes de seguimiento y valoración que permitan medir la eficacia de la estrategia de comunicación, así como reencauzar las acciones de comunicación.

4. Desinformación y estrategias de comunicación en el marco de la invasión rusa a Ucrania

Poco después del inicio de la invasión rusa de Ucrania, el 24 de febrero de 2022, el Ministerio de Defensa de Rusia publicó un mensaje en el que acusaba a Ucrania de tener un programa de armas biológicas financiado por Estados Unidos, alegando que, en los territorios que habían ocupado, se encontraron evidencias de que los ucranianos habían intentado destruir.

Desde Putin hasta el representante de la Representación Permanente de Rusia en la ONU han dado voz a esta teoría, argumentando que fue la razón por la que su país se vio obligado a invadir Ucrania como única forma de evitar la continuidad de esta actividad, que suponía una grave amenaza para la seguridad de su país²⁶.

Parte de estas acusaciones se basan en documentación relativa al programa de cooperación entre Estados Unidos y Ucrania para reducir el riesgo de la amenaza biológica, especialmente de brotes de enfermedades infecciosas, ya sean deliberados, accidentales o naturales; y mediante el cual Estados Unidos proporciona ayuda financiera para la modernización de laboratorios ucranianos²⁷.

Esta narrativa fue convenientemente amplificada también por China, que usó sus canales estatales y a sus oficiales y diplomáticos para expandir estas acusaciones a nivel internacional. Esta estrategia conjunta dio lugar a uno de los ejemplos de coordinación más reseñables entre Moscú y Pekín para la difusión de una teoría de la conspiración²⁸.

Además, en Estados Unidos, esta teoría de la conspiración fue recogida por los grupos de derecha alternativa (*alt-right*), habituales del movimiento QAnon, y amplificada a través de sus canales. Como consecuencia, en marzo de 2022, más de un cuarto de

²⁶ Representante Especial de Estados Unidos Kenneth D. Ward. (6 de septiembre de 2022). Opening Statement to the Article V Consultative Meeting Under the Biological and Toxin Weapons Convention. Disponible en: <https://www.state.gov/wp-content/uploads/2022/09/U.S.-Opening-Statement-5-9-Sept-2022-BWC-Article-V-Meeting.pdf>

²⁷ Ukraine war: Fact-checking Russia's biological weapons claims. (15 de marzo de 2022). BBC. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/60711705>

²⁸ U.S. Fights Bioweapons Disinformation Pushed by Russia and China. (10 de marzo de 2022). The New York Times. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2022/03/10/us/politics/russia-ukraine-china-bioweapons.html>

la población estadounidense creía que era probable que EE. UU. estuviera desarrollando armas biológicas en Ucrania²⁹.

Como parte de esta campaña de desinformación, Rusia ha recurrido a involucrar a organizaciones internacionales como la Naciones Unidas: hasta en dos ocasiones denunció este supuesto complot de EE. UU. y Ucrania para desarrollar armas biológicas. Si bien el Consejo de Seguridad consideró que la ONU no tenía indicios de desarrollo de armas biológicas en Ucrania, además de puntualizar que tampoco era el mecanismo para investigar estos hechos; la denuncia sirvió como foro para que otros actores como China siguieran dando validez a estas acusaciones y llamaran a investigarlas por considerarlas preocupantes³⁰.

En esta misma línea, Rusia solicitó una reunión consultiva de los Estados miembros de la Convención sobre armas biológicas, que tuvo lugar en septiembre de 2022. En esta reunión, tanto EE. UU. como Ucrania rebatieron las acusaciones de la Federación Rusa, mientras esta continuó alegando que estos países seguían sin responder preguntas importantes sobre las imputaciones. Tanto EE. UU. como los Estados miembros de la UE, entre otros, denunciaron la desinformación que Rusia estaba desarrollando en este campo, y lamentaron que se hiciera un uso político de este mecanismo de la convención³¹.

Estados Unidos ha denunciado especialmente la campaña de desinformación de Rusia y China, no solo rebatiendo las acusaciones, sino alertando del peligro que podía esconderse detrás de las mismas: Rusia podría usar estas narrativas para llevar a cabo ataques con armas químicas o biológicas y culpar de los mismos a Ucrania, en el marco de una operación de falsa bandera³².

²⁹ How a QAnon conspiracy theory about Ukraine bioweapons became mainstream disinformation. (10 de abril de 2022). *CBC/Radio-Canada*. Disponible en: <https://www.cbc.ca/news/world/ukraine-russia-bioweapons-theory-1.6412029>

³⁰ Naciones Unidas. (18 de marzo de 2022). United Nations 'Not Aware of Any Biological Weapons Programme in Ukraine', Disarmament Affairs Chief Tells Security Council. Disponible en: <https://press.un.org/en/2022/sc14835.doc.htm>

³¹ Delegación de la Unión Europea ante la ONU y otras organizaciones internacionales en Ginebra. (7 de septiembre de 2022). Statement at the Formal Consultative Meeting pursuant to Article V of States Parties to the Biological and Toxin Weapons Convention. Disponible en: https://www.eeas.europa.eu/delegations/un-geneva/eu-statement-formal-consultative-meeting-pursuant-article-v-states-parties_en?s=62

³² U.S. Fights Bioweapons Disinformation Pushed by Russia and China. (10 de marzo de 2022). *The New York Times*. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2022/03/10/us/politics/russia-ukraine-china-bioweapons.html>

Asimismo, desde la Defense Threat Reduction Agency estadounidense, que gestiona los proyectos de cooperación con terceros países para la reducción del riesgo biológico, se ha incrementado la información y transparencia sobre el programa de la agencia y sus proyectos internacionales, tanto en Ucrania como en otros países, con el objetivo de contrarrestar las acusaciones emitidas por Rusia³³.

Además, el Departamento de Estado de EE. UU. ha realizado una campaña de comunicación para refutar las acusaciones falsas buscando para ello el apoyo de los países con los que tiene programas de cooperación en esta materia³⁴.

Toda la información aportada por los distintos departamentos gubernamentales de EE. UU. ha servido de base para que medios de comunicación, organizaciones civiles y ciudadanos en general, intenten contrarrestar la desinformación rusa, refutando las acusaciones. Sin embargo, algunos análisis sugieren que estos intentos de desmentir estas teorías de la conspiración en EE. UU. han ayudado, en cambio, a incrementar su difusión³⁵. Por ello, a la hora de contrarrestar la desinformación, hay que tener en cuenta sesgos cognitivos como el efecto de reiteración o verdad ilusoria, que pueden asentar aún más el mensaje por su repetición, aunque al tiempo se esté desmintiendo (Hasher, *et al.*, 1977).

5. A modo de conclusión: prevenir la desinformación

Los avances tecnológicos más recientes y los cambios en las dinámicas sociales que han traído aparejados, facilitan hoy en día la difusión de campañas de desinformación, permitiendo llegar más rápido y a más personas que en el siglo pasado y dificultando, además, su atribución. Esta nueva realidad ha reconfigurado el riesgo que supone la desinformación, especialmente para los estados democráticos, donde los avances en los derechos y liber-

³³ Deterring-Disinformation. *Defense Threat Reduction Agency*. Disponible en: <https://www.dtra.mil/About/Deterring-Disinformation/>

³⁴ Departamento de Estado de EE.UU. (29 de agosto de 2022). Joint Statement on the Contribution of Cooperative Threat Reduction Partnerships to Global Health Security. Disponible en: <https://www.state.gov/joint-statement-on-the-contribution-of-cooperative-threat-reduction-partnerships-to-global-health-security/>

³⁵ Whelan-Shamy, D. y Graham, T. (3 de abril de 2022). 'Ukraine biolabs': how attempts to debunk a conspiracy theory only helped it spread. *The Conversation*. Disponible en: <https://theconversation.com/ukraine-biolabs-how-attempts-to-debunk-a-conspiracy-theory-only-helped-it-spread-180403>

tades de expresión e información son explotados por actores hostiles para influir en las percepciones de sus sociedades.

Además, dado que los brotes de enfermedades o plagas suelen ir acompañados de escasa información sobre su origen y sus efectos, toda vez que la ciencia avanza más lento en obtener respuestas de lo que demanda la sociedad, se genera un vacío de información que es fácilmente aprovechable para difundir desinformación, tal como demuestra la historia reciente, destacando la referida a la atribución del origen a la liberación intencional o accidental de armas biológicas.

Por este motivo, anticipar los ataques con campañas de desinformación puede permitir adelantarse y difundir información veraz y transparente sobre los posibles objetivos (instalaciones militares o médicas o programas de cooperación), de forma que cuando el público se exponga a la desinformación ya cuente con información fiable y esta prevalezca sobre la nueva.

Por último, y como herramienta más eficaz para enfrentar campañas de desinformación, los distintos organismos responsables deben avanzar en la evaluación y plasmación de nuevas estrategias de comunicación que puedan prevenir y, en su caso, contrarrestar de forma efectiva la desinformación y la manipulación informativa en el actual ecosistema mediático y social, tanto en la población nacional como en la de terceros países donde se intente erosionar las relaciones internacionales. Para ello, es necesario contar con la colaboración de todos los sectores de la sociedad, lo cual permite conocer en mayor profundidad la amenaza, cómo afecta a la vida cotidiana de la población y cuál es el conocimiento y la percepción social sobre dicha amenaza. A partir de este análisis, las estrategias de comunicación deben contemplar medidas para valorar la efectividad de las distintas acciones planeadas para contrarrestarla.

En la actualidad, la invasión rusa de Ucrania se ha convertido en el escenario perfecto para difundir campañas de desinformación, en las que la utilización o la amenaza de empleo de armas químicas, biológicas, radiológicas o nucleares se ha convertido en un factor clave para amedrentar la cohesión mostrada por los gobiernos y sociedades occidentales. A corto plazo, el gobierno ruso está perdiendo la batalla por la narrativa fuera de sus fronteras; pero solo una estrategia de comunicación integral, sólida y completa podrá garantizar que este éxito frente al enemigo común perdure en el tiempo.

6. Bibliografía

Geissler, E. & Sprinkle, H. (2013). Disinformation squared: Was the HIV-from-Fort-Detrick myth a Stasi success?. *Politics and the Life Sciences*. 32(2), pp. 2-99.

Hasher, L.; Goldstein, D. & Toppino, T. (1977). Frequency and the conference of referential validity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 16(1), pp. 107-112.

Leitenberg, M. (2008). False Allegations of U.S. Biological Weapons Use During the Korean War. En: A. Clunan, P. Lavoy & S. Martin, (eds.). *Terrorism, War, or Disease?: Unraveling the Use of Biological Weapons*. Redwood City, Stanford University Press. Pp. 120-143.

Leitenberg, M. (2021). False allegations of biological-weapons use from Putin's Russia. *The Nonproliferation Review*. 27(4-6), pp. 425-442.

Noëlle-Neumann, E. (1995). *La espiral del silencio. Opinión pública: nuestra piel social*. Barcelona, Paidós.

Rid, T. (2020). *Active Measures: The Secret History of Disinformation and Political Warfare*. Nueva York, Farrar, Straus and Giroux.

Rodríguez Andrés, R. (2018). Fundamentos del concepto de desinformación como práctica manipuladora en la comunicación política y las relaciones internacionales. *Historia y comunicación social*. 23(1), pp. 231-244.

Romero Rodríguez, L. (2013). Hacia un estado de la cuestión de las investigaciones sobre desinformación/misinformación. *Correspondencias & Análisis*, Issue 3, pp. 319-342.

Tandoc, E. C. & Kim, H. K. (2022). Avoiding real news, believing in fake news? Investigating pathways from information overload to misbelief. *Journal of Positive Behavior Interventions*. 0(0), pp. 158-167.

Zilinskas, R. A. (1999). Cuban allegations of biological warfare by the United States: assessing the evidence. *Critical reviews in microbiology*. 25(3), pp. 173-227.

Composición del Grupo de Trabajo

Presidente:	D. Joaquín Goyache Goñi <i>Rector de la Universidad Complutense de Madrid</i>
Coordinadora:	D.ª María del Mar Hidalgo García <i>Analista principal del IEEE</i>
Vocales:	D. Domingo Marquina Díaz <i>Catedrático de Microbiología, Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid</i> D. Javier Vicente Sánchez <i>Personal investigador, Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid</i> D. José Ignacio Castro Torres <i>Coronel del Ejército de Tierra, Especialista NBQ Doctor en estudios de paz y seguridad internacional Analista principal del IEEE</i>

D. Alberto Cique Moya

*Coronel veterinario (OF-5)
Académico. Real Academia de Veterinaria
Estado Mayor Conjunto
Jefatura Conjunta de Sanidad*

D. Pedro Luis Lorenzo González

*Catedrático de Universidad
Académico. Real Academia de Veterinaria
Departamento de Fisiología, Facultad de
Veterinaria Universidad Complutense de Madrid*

Cor. D.ª María del Carmen Aríñez Fernández

*Instituto de Medicina Preventiva de la Defensa
Subinspección General de Apoyo Sanitario y
Pericial
Inspección General de Sanidad*

D. Luis Enrique Martín Otero

*Coronel veterinario (ret.).
Universidad Complutense de Madrid
Colaborador RE-LAB en VISAVET
Red de Laboratorio de Alerta Biológica (RE-LAB)*

D. Ricardo Valverde Ogallar

*Consejero técnico Departamento de Seguridad
Nacional, Gabinete de la Presidencia del
Gobierno*

D. Jesús Díez Alcalde

*Coronel del Ejército de Tierra. Jefe Unidad de
Análisis de la Seguridad Nacional. Departamento
de Seguridad Nacional, Gabinete de la
Presidencia de Gobierno*

D. Alejandro González Fernández

*Consejero técnico Unidad de Ciberseguridad
y contra la Desinformación, Departamento de
Seguridad Nacional, Gabinete de la Presidencia
del Gobierno*

Cuadernos de Estrategia

- 01 La industria alimentaria civil como administradora de las FAS y su capacidad de defensa estratégica
- 02 La ingeniería militar de España ante el reto de la investigación y el desarrollo en la defensa nacional
- 03 La industria española de interés para la defensa ante la entrada en vigor del Acta Única
- 04 Túnez: su realidad y su influencia en el entorno internacional
- 05 La Unión Europea Occidental (UEO) (1955-1988)
- 06 Estrategia regional en el Mediterráneo Occidental
- 07 Los transportes en la raya de Portugal
- 08 Estado actual y evaluación económica del triángulo España-Portugal-Marruecos
- 09 Perestroika y nacionalismos periféricos en la Unión Soviética
- 10 El escenario espacial en la batalla del año 2000 (I)
- 11 La gestión de los programas de tecnologías avanzadas
- 12 El escenario espacial en la batalla del año 2000 (II)
- 13 Cobertura de la demanda tecnológica derivada de las necesidades de la defensa nacional
- 14 Ideas y tendencias en la economía internacional y española

- 15 Identidad y solidaridad nacional
- 16 Implicaciones económicas del Acta Única 1992
- 17 Investigación de fenómenos belígenos: método analítico factorial
- 18 Las telecomunicaciones en Europa, en la década de los años 90
- 19 La profesión militar desde la perspectiva social y ética
- 20 El equilibrio de fuerzas en el espacio sur europeo y mediterráneo
- 21 Efectos económicos de la unificación alemana y sus implicaciones estratégicas
- 22 La política española de armamento ante la nueva situación internacional
- 23 Estrategia finisecular española: México y Centroamérica
- 24 La Ley Reguladora del Régimen del Personal Militar Profesional (cuatro cuestiones concretas)
- 25 Consecuencias de la reducción de los arsenales militares negociados en Viena, 1989. Amenaza no compartida
- 26 Estrategia en el área iberoamericana del Atlántico Sur
- 27 El Espacio Económico Europeo. Fin de la Guerra Fría
- 28 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio (I)
- 29 Sugerencias a la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones (LOT)
- 30 La configuración de Europa en el umbral del siglo XXI
- 31 Estudio de «inteligencia operacional»
- 32 Cambios y evolución de los hábitos alimenticios de la población española
- 33 Repercusiones en la estrategia naval española de aceptarse las propuestas del Este en la CSBM, dentro del proceso de la CSCE
- 34 La energía y el medio ambiente
- 35 Influencia de las economías de los países mediterráneos del norte de África en sus respectivas políticas de defensa
- 36 La evolución de la seguridad europea en la década de los 90
- 37 Análisis crítico de una bibliografía básica de sociología militar en España. 1980-1990
- 38 Recensiones de diversos libros de autores españoles, editados entre 1980-1990, relacionados con temas de las Fuerzas Armadas
- 39 Las fronteras del mundo hispánico
- 40 Los transportes y la barrera pirenaica
- 41 Estructura tecnológica e industrial de defensa, ante la evolución estratégica del fin del siglo XX

- 42 Las expectativas de la I+D de defensa en el nuevo marco estratégico
- 43 Costes de un ejército profesional de reclutamiento voluntario. Estudio sobre el Ejército profesional del Reino Unido y (III)
- 44 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio (II)
- 45 Desequilibrios militares en el Mediterráneo Occidental
- 46 Seguimiento comparativo del presupuesto de gastos en la década 1982-1991 y su relación con el de Defensa
- 47 Factores de riesgo en el área mediterránea
- 48 Las Fuerzas Armadas en los procesos iberoamericanos de cambio democrático (1980-1990)
- 49 Factores de la estructura de seguridad europea
- 50 Algunos aspectos del régimen jurídico-económico de las FAS
- 51 Los transportes combinados
- 52 Presente y futuro de la conciencia nacional
- 53 Las corrientes fundamentalistas en el Magreb y su influencia en la política de defensa
- 54 Evolución y cambio del este europeo
- 55 Iberoamérica desde su propio sur. (La extensión del Acuerdo de Libre Comercio a Sudamérica)
- 56 La función de las Fuerzas Armadas ante el panorama internacional de conflictos
- 57 Simulación en las Fuerzas Armadas españolas, presente y futuro
- 58 La sociedad y la defensa civil
- 59 Aportación de España en las cumbres iberoamericanas: Guadalajara 1991-Madrid 1992
- 60 Presente y futuro de la política de armamentos y la I+D en España
- 61 El Consejo de Seguridad y la crisis de los países del Este
- 62 La economía de la defensa ante las vicisitudes actuales de las economías autonómicas
- 63 Los grandes maestros de la estrategia nuclear y espacial
- 64 Gasto militar y crecimiento económico. Aproximación al caso español
- 65 El futuro de la Comunidad Iberoamericana después del V Centenario
- 66 Los estudios estratégicos en España
- 67 Tecnologías de doble uso en la industria de la defensa
- 68 Aportación sociológica de la sociedad española a la defensa nacional

- 69 Análisis factorial de las causas que originan conflictos bélicos
- 70 Las conversaciones internacionales Norte-Sur sobre los problemas del Mediterráneo Occidental
- 71 Integración de la red ferroviaria de la península ibérica en el resto de la red europea
- 72 El equilibrio aeronaval en el área mediterránea. Zonas de irradiación de poder
- 73 Evolución del conflicto de Bosnia (1992-1993)
- 74 El entorno internacional de la Comunidad Iberoamericana
- 75 Gasto militar e industrialización
- 76 Obtención de los medios de defensa ante el entorno cambiante
- 77 La Política Exterior y de Seguridad Común (PESC) de la Unión Europea (UE)
- 78 La red de carreteras en la península ibérica, conexión con el resto de Europa mediante un sistema integrado de transportes
- 79 El derecho de intervención en los conflictos
- 80 Dependencias y vulnerabilidades de la economía española: su relación con la defensa nacional
- 81 La cooperación europea en las empresas de interés de la defensa
- 82 Los cascos azules en el conflicto de la ex-Yugoslavia
- 83 El sistema nacional de transportes en el escenario europeo al inicio del siglo XXI
- 84 El embargo y el bloqueo como formas de actuación de la comunidad internacional en los conflictos
- 85 La Política Exterior y de Seguridad Común (PESC) para Europa en el marco del Tratado de no Proliferación de Armas Nucleares (TNP)
- 86 Estrategia y futuro: la paz y seguridad en la Comunidad Iberoamericana
- 87 Sistema de información para la gestión de los transportes
- 88 El mar en la defensa económica de España
- 89 Fuerzas Armadas y sociedad civil. Conflicto de valores
- 90 Participación española en las fuerzas multinacionales
- 91 Ceuta y Melilla en las relaciones de España y Marruecos
- 92 Balance de las primeras cumbres iberoamericanas
- 93 La cooperación hispano-franco-italiana en el marco de la PESC
- 94 Consideraciones sobre los estatutos de las Fuerzas Armadas en actividades internacionales
- 95 La unión económica y monetaria: sus implicaciones

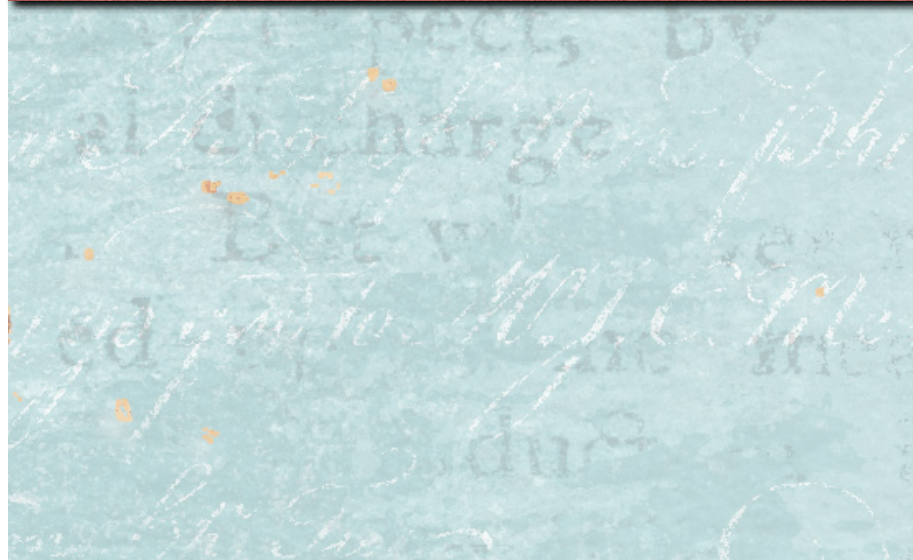
- 96 Panorama estratégico 1997/98
- 97 Las nuevas Españas del 98
- 98 Profesionalización de las Fuerzas Armadas: los problemas sociales
- 99 Las ideas estratégicas para el inicio del tercer milenio
- 100 Panorama estratégico 1998/99
- 100-B 1998/99 Strategic Panorama
- 101 La seguridad europea y Rusia
- 102 La recuperación de la memoria histórica: el nuevo modelo de democracia en Iberoamérica y España al cabo del siglo XX
- 103 La economía de los países del norte de África: potencialidades y debilidades en el momento actual
- 104 La profesionalización de las Fuerzas Armadas
- 105 Claves del pensamiento para la construcción de Europa
- 106 Magreb: percepción española de la estabilidad en el Mediterráneo, prospectiva hacia el 2010
- 106-B Maghreb: perception espagnole de la stabilité en Méditerranée, prospective en vue de L'année 2010
- 107 Panorama estratégico 1999/2000
- 107-B 1999/2000 Strategic Panorama
- 108 Hacia un nuevo orden de seguridad en Europa
- 109 Iberoamérica, análisis prospectivo de las políticas de defensa en curso
- 110 El concepto estratégico de la OTAN: un punto de vista español
- 111 Ideas sobre prevención de conflictos
- 112 Panorama Estratégico 2000/2001
- 112-B Strategic Panorama 2000/2001
- 113 Diálogo mediterráneo. Percepción española
- 113-B Le dialogue Méditerranéen. Une perception espagnole
- 114 Aportaciones a la relación sociedad - Fuerzas Armadas en Iberoamérica
- 115 La paz, un orden de seguridad, de libertad y de justicia
- 116 El marco jurídico de las misiones de las Fuerzas Armadas en tiempo de paz
- 117 Panorama Estratégico 2001/2002
- 117-B 2001/2002 Strategic Panorama
- 118 Análisis, estrategia y prospectiva de la Comunidad Iberoamericana
- 119 Seguridad y defensa en los medios de comunicación social

- 120 Nuevos riesgos para la sociedad del futuro
- 121 La industria europea de defensa: presente y futuro
- 122 La energía en el espacio euromediterráneo
- 122-B L'énergie sur la scène euroméditerranéenne
- 123 Presente y futuro de las relaciones cívico-militares en Hispanoamérica
- 124 Nihilismo y terrorismo
- 125 El Mediterráneo en el nuevo entorno estratégico
- 125-B The Mediterranean in the New Strategic Environment
- 126 Valores, principios y seguridad en la comunidad iberoamericana de naciones
- 127 Estudios sobre inteligencia: fundamentos para la seguridad internacional
- 128 Comentarios de estrategia y política militar
- 129 La seguridad y la defensa de la Unión Europea: retos y oportunidades
- 130 El papel de la inteligencia ante los retos de la seguridad y defensa internacional
- 131 Crisis locales y seguridad internacional: El caso haitiano
- 132 Turquía a las puertas de Europa
- 133 Lucha contra el terrorismo y derecho internacional
- 134 Seguridad y defensa en Europa. Implicaciones estratégicas
- 135 La seguridad de la Unión Europea: nuevos factores de crisis
- 136 Iberoamérica: nuevas coordenadas, nuevas oportunidades, grandes desafíos
- 137 Irán, potencia emergente en Oriente Medio. Implicaciones en la estabilidad del Mediterráneo
- 138 La reforma del sector de seguridad: el nexo entre la seguridad, el desarrollo y el buen gobierno
- 139 Security Sector Reform: the Connection between Security, Development and Good Governance
- 140 Impacto de los riesgos emergentes en la seguridad marítima
- 141 La inteligencia, factor clave frente al terrorismo internacional
- 142 Del desencuentro entre culturas a la Alianza de Civilizaciones. Nuevas aportaciones para la seguridad en el Mediterráneo
- 143 El auge de Asia: implicaciones estratégicas
- 144 La cooperación multilateral en el Mediterráneo: un enfoque integral de la seguridad
- 145 La Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD) tras la entrada en vigor del Tratado de Lisboa

- 145-B The European Security and Defense Policy (ESDP) after the entry into Force of the Lisbon Treaty
- 146 Respuesta europea y africana a los problemas de seguridad en África
- 146-B European and African Response to Security Problems in Africa
- 147 Los actores no estatales y la seguridad internacional: su papel en la resolución de conflictos y crisis
- 148 Conflictos, opinión pública y medios de comunicación. Análisis de una compleja interacción
- 149 Ciberseguridad. Retos y amenazas a la seguridad nacional en el ciberespacio
- 150 Seguridad, modelo energético y cambio climático
- 151 Las potencias emergentes hoy: hacia un nuevo orden mundial
- 152 Actores armados no estables: retos a la seguridad
- 153 Proliferación de ADM y de tecnología avanzada
- 154 La defensa del futuro: innovación, tecnología e industria
- 154-B The Defence of the Future: Innovation, Technology and Industry
- 155 La Cultura de Seguridad y Defensa. Un proyecto en marcha
- 156 El gran Cáucaso
- 157 El papel de la mujer y el género en los conflictos
- 157-B The role of woman and gender in conflicts
- 158 Los desafíos de la seguridad en Iberoamérica
- 159 Los potenciadores del riesgo
- 160 La respuesta del derecho internacional a los problemas actuales de la seguridad global
- 161 Seguridad alimentaria y seguridad global
- 161-B Food security and global security
- 162 La inteligencia económica en un mundo globalizado
- 162-B Economic intelligence in global world
- 163 Islamismo en (r)evolución: movilización social y cambio político
- 164 Afganistán después de la ISAF
- 165 España ante las emergencias y catástrofes. Las Fuerzas Armadas en colaboración con las autoridades civiles
- 166 Energía y Geoestrategia 2014
- 166-B Energy and Geostrategy 2014
- 167 Perspectivas de evolución futura de la política de seguridad y defensa de la UE. Escenarios de crisis
- 167-B Prospects for the future evolution of the EU's security and defence policy. Crisis scenarios

- 168 Evolución del mundo árabe: tendencias
- 169 Desarme y control de armamento en el siglo XXI: limitaciones al comercio y a las transferencias de tecnología
- 170 El sector espacial en España. Evolución y perspectivas
- 171 Cooperación con Iberoamérica en materia de defensa
- 172 Cultura de Seguridad y Defensa: fundamentos y perspectivas de mejora
- 173 La internacional yihadista
- 174 Economía y geopolítica en un mundo globalizado
- 175 Industria Española de Defensa. Riqueza, tecnología y seguridad
- 176 Shael 2015, origen de desafíos y oportunidades
- 177 UE-EE.UU.: Una relación indispensable para la paz y la estabilidad mundiales
- 178 Rusia bajo el liderazgo de Putin. La nueva estrategia rusa a la búsqueda de su liderazgo regional y el reforzamiento como actor global
- 179 Análisis comparativo de las capacidades militares españolas con las de los países de su entorno
- 180 Estrategias para derrotar al DAESH y la reestabilización regional
- 181 América Latina: nuevos retos en seguridad y defensa
- 182 La colaboración tecnológica entre la universidad y las Fuerzas Armadas
- 183 Política y violencia: comprensión teórica y desarrollo en la acción colectiva
- 184 Una estrategia global de la Unión Europea para tiempos difíciles
- 185 Ciberseguridad: la cooperación público-privada
- 186 El agua: ¿fuente de conflicto o cooperación?
- 187 Geoeconomías del siglo XXI
- 188 Seguridad global y derechos fundamentales
- 189 El posconflicto colombiano: una perspectiva transversal
- 190 La evolución de la demografía y su incidencia en la defensa y seguridad nacional
- 190-B The evolution of demography and its impact on defense and national security
- 191 OTAN: presente y futuro
- 192 Hacia una estrategia de seguridad aeroespacial
- 193 El cambio climático y su repercusión en la Defensa
- 194 La gestión del conocimiento en la gestión de programas de defensa

- 195 El rol de las Fuerzas Armadas en operaciones posconflicto
- 196 Oriente medio tras el califato
- 197 La posverdad. Seguridad y defensa
- 198 Retos diversos a la seguridad. Una visión desde España
- 199 Gobernanza futura: hiperglobalización, mundo multipolar y Estados menguantes
- 200 Globalización e identidades. Dilemas del siglo XXI
- 201 Límites jurídicos de las operaciones actuales: nuevos desafíos
- 202 El SAHEL y G5: desafíos y oportunidades
- 203 Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad
- 204 La dualidad económica Estados Unidos-China en el siglo XXI
- 205 La no proliferación y el control de armamentos nucleares en la encrucijada
- 206 Las ciudades: agentes críticos para una transformación sostenible del mundo
- 207 Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico. Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países
- 208 Los retos del espacio exterior: ciencia, industria, seguridad y aspectos legales
- 209 Minerales: una cuestión estratégica en el siglo XXI
- 210 Redes transeuropeas: vectores vertebradores de la España del siglo XXI
- 211 El futuro de la OTAN tras la Cumbre de Madrid 2022
- 211-B The future of NATO after the Madrid 2022 summit
- 212 China: el desafío de la nueva potencia global
- 213 El Mediterráneo: un espacio geopolítico de interés renovado
- 214 Terrorismo internacional: mutación y adaptación de un fenómeno global
- 215 La Unión Europea hacia la autonomía estratégica
- 215-B The European Union Towards Strategic Autonomy
- 216 Asia Central: de pivote a encrucijada





SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PUBLICACIONES
Y PATRIMONIO CULTURAL

