

# LA NUEVA “ANTIGUA” AMENAZA: GUERRA BIOLÓGICA VIRAL\*

Fecha de recepción: 4 de mayo de 2018

Fecha de aceptación: 6 de julio de 2018

Páginas: 10-19

Camilo José González Martínez\*\*

## Resumen

Las armas biológicas, entendidas como un agente biológico, se han utilizado desde hace cientos de años con diversos fines, pero con el uso específico de causar daños en la salud de las personas. Existen agentes biológicos como las bacterias, los hongos, las toxinas y los virus; estos últimos son analizados desde la perspectiva de entidades como la Organización Mundial de la Salud y se estudian sus potenciales usos como agentes biológicos virales. Ejemplos de los anteriores son el Dengue, la Encefalitis Equina Venezolana, la Enfermedad de Rift Valley y el caso de la Fiebre Amarilla como arma biológica.

En ese sentido, en este artículo se analiza la oportunidad, las dificultades y las problemáticas que tienen los agentes biológicos virales en el marco de la guerra biológica y las consideraciones de la ingeniería genética, en la modificación de agentes biológicos virales, para mejoramiento de la efectividad y eficacia de nuevos y más letales virus, así como el interés en términos del bioterrorismo desde un enfoque bioético de la investigación científica.

**Palabras clave:** Biotecnología, pandemia, bioterrorismo, enfermedad viral, biología viral.

\* Artículo de reflexión.

\*\* MSc. ingeniero ambiental. Especialista en Biotecnología. Profesor de la Corporación Universitaria Minuto de Dios –UNIMINUTO. Cundinamarca. Correo electrónico: camilo.gonzalez@uniminuto.edu

## THE NEW “OLD” THREAT: VIRAL BIOLOGICAL WARFARE

### Abstract

Biological weapons, considered as biological agents, have been used for hundreds of years for different purposes, but particularly have been intended to harm people’s health. There are biological agents, such as bacteria, fungi, toxins and viruses. The latest are analyzed from the perspective of the World Health Organization, among other entities, and their potential uses as biological viral agents are studied. Some examples of such agents are dengue, Venezuelan equine encephalitis, Rift Valley fever, and yellow fever.

This paper addresses the opportunity, the difficulties, and problems of viral biological agents in the context of biological warfare, as well as the genetical engineering facts in the modification of viral biological agents to improve the effectiveness and efficacy of new and more lethal viruses. The authors also analyze the interest in terms of bioterrorism from a bioethical approach to science research.

**Key words:** Biotechnology, pandemic, bioterrorism, viral disease, viral biology.

## A NOVA “ANTIGA” AMEAÇA: GUERRA BIOLÓGICA VIRAL

### Resumo

As armas biológicas, entendidas como um agente biológico, se utilizaram desde faz centos de anos com diversos fins, mas com o uso específico de causar danos na saúde das pessoas. Existem agentes biológicos como as bactérias, os fungos, as toxinas e os vírus; estes últimos são analisados desde a perspectiva de entidades como a Organização Mundial da Saúde e se estudam seus potenciais usos enquanto agentes biológicos virais. Exemplos dos anteriores são o Dengue, a Encefalitis Equina Venezuelana, a Doença de Rift Valley e o caso da Febre Amarela como arma biológica.

Nesse sentido, neste artigo analisa-se a oportunidade, as dificuldades e as problemáticas que têm os agentes biológicos virais no enquadramento da guerra biológica e as considerações da engenharia genética, na modificação de agentes biológicos virais, para melhoramento da efetividade e eficácia de novos e mais letais vírus, bem como o interesse em termos do bioterrorismo desde uma focagem bioético da investigação científica.

**Palavras-chave:** Biotecnologia, pandemia, bioterrorismo, doença viral, biologia viral.

## INTRODUCCIÓN

*La proliferación de armas biológicas es una amenaza creciente para la paz y la seguridad nacional e internacional por lo que es necesario buscar los mecanismos que permitan minimizar el impacto de una posible agresión biológica y para ello la clave es el contar con los medios y con la preparación que permitan dar una respuesta efectiva en el menor tiempo posible.*

Instituto Español de Estudios Estratégicos  
Atanze, 2012

Un arma biológica se define según Lazo (2002) como un agente biológico, animal, insecto, bacteria, protozoo, planta, virus, etc., que tenga el potencial de ser empleado con fines militares, bélicos, terrorismo y en especial en el trascurso de un conflicto. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (1970) en el reporte de aspectos de salud inherentes a armas químicas y biológicas, aún vigente, define un arma biológica como el empleo de microorganismos como bacterias, protozoos y virus en el campo militar. Jardim (2012) plantea un complemento cuando se enfoca este concepto, para él es un arma biológica cuando su objetivo es el ser humano, causando su muerte o enfermedad o afectando sus fuentes de alimento o sus recursos agrícolas.

Existen reportes del uso de armas biológicas desde antes de la edad media, lo que nos permite establecer que la amenaza de uso de armas biológicas es un tema de muchas décadas atrás con una afortunada evolución más lenta que los avances tecnológicos y científicos humanos de la actualidad. Para esto, se define guerra biológica como el uso manifiesto de armas biológicas en el marco de un conflicto armado plenamente identificado y reconocido (United Nations, 2010).

Es necesario analizar la geopolítica actual y las amenazas tipificadas en las diferentes evaluaciones de riesgo, donde la amenaza terrorista ha implementado diferentes *modus operandi* en su accionar delictivo y en el uso de armas no convencionales que violan de forma indirecta

el protocolo de Ginebra, por no ser reconocidas como agentes beligerantes en conflictos armados. Por esta razón, en este artículo se estima el bioterrorismo como un factor de consideración al hablar de guerra biológica viral. De acuerdo con Saavedra (2007), el bioterrorismo se conceptúa como la utilización criminal de microorganismos patógenos, virus, toxinas o sustancias dañinas contra la población civil, militares y seres humanos en general, con el propósito de causar muertes, enfermedad, pánico y terror.

Así mismo, Escobar (2014) lo califica en términos transnacionales, como introducir a un país agentes fitopatógenos, virales, bacterianos, enfermedades cuarentenarias, insumos químicos o cualquier material de origen biológico y sus metabolismos que atenten contra la vida y la salud de las personas de forma directa o indirecta. La guerra biológica ha sido adecuadamente descrita como salud pública al revés (Jardim, 2012), es decir, desequilibrio del estado de bienestar que implica la afectación -inducida e incremental- de la incidencia de enfermedad por agentes biológicos en razón de la salud a nivel poblacional.

Existen mecanismos de prevención en términos de manejo del riesgo basados en controles administrativos, controles de ingeniería, protección física individual y colectiva, precauciones para el sabotaje de agua potable, alimentos y aire, tal como lo plantea la Organización Panamericana de la Salud (2003), los cuales se describirán posteriormente.

La biotecnología presenta en términos de ingeniería genética posibilidades de gran valor científico y tecnológico, como es el uso de la técnica de edición genética del CRISPR Cas9, Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats; en español, Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas, la cual es una herramienta molecular que permite "editar" o "corregir" el genoma de cualquier célula (Morán, 2015). Esto funciona básicamente como unas tijeras moleculares con la capacidad de

cortar ADN, permitiendo modificar organismos eliminando o insertando material genético (PNA Bio, 2014). Estos métodos de edición de organismos permiten obtener nuevos organismos a voluntad y criterio, lo que posibilita la modificación de estructuras de ADN. Lo anterior podría hacer virus más resistentes y especializados, pero también nos brinda una oportunidad de contrarrestar su acción en el marco de la posibilidad de guerra biológica viral.

En el presente artículo se revisa la potencialidad de los virus como arma biológica desde la biología viral, los principales virus que han sido utilizados como armas biológicas en el marco de la guerra biológica y el bioterrorismo, algunos mecanismos de prevención por entidades de salud globales, la potencialidad del uso de la biotecnología para modificación viral y la prevención en caso del potencial mejoramiento de armas biológicas virales.

## BIOLOGÍA VIRAL

Los virus presentan unas diferencias considerables con los demás microorganismos en términos de su tamaño, capacidad de atravesar filtros de retención bacteriana, incapacidad de reproducirse en medios biológicos inertes, como medios de cultivo, requiriendo células vivas para su propagación; poseen un solo tipo de ácido nucleico rodeado por una cáscara o cápside formada por numerosas copias de una proteína o de un número limitado de ellas (Aranda, 1995). Algunos grupos de virus presentan, por fuera de la cápside, una envoltura lipídica de origen celular en la que se insertan glicoproteínas. No presentan sistemas enzimáticos propios, por lo tanto, no son capaces de replicarse por sí solos y requieren de células animales, vegetales o bacterianas para cumplir su ciclo de reproducción; esto define su parasitismo celular obligatorio (Arbiza, 2008).

## Ácidos nucleicos

En los virus, los ácidos nucleicos, información genética, constituyente del genoma viral y presentan varias formas. Una partícula viral tiene en su estructura un solo tipo de ácido nucleico (ADN O ARN), pero la forma de estos puede ser de doble o simple cadena, segmentado o no, circular o lineal, determinando una gran diversidad de utilidad en la taxonomía viral (Arbiza, 2008).

## Multiplicación viral

Existen dos estados para una partícula viral, activa e inactiva (Arbiza, 1997) sin embargo, quedaban una gran cantidad de enfermedades en el hombre, animales y plantas sin identificar el agente causal. A lo largo del siglo xx se descubrieron a los virus como causantes de enfermedades infecciosas para las cuales no se había encontrado una bacteria, hongo o protozooario como agente responsable. Fue el desarrollo de nuevas técnicas como los cultivos celulares, el mejoramiento en microscopía y el advenimiento a fines del siglo xx de técnicas de Biología Molecular, que han permitido no sólo aislar e identificar agentes virales, sino además un avance extraordinario en el conocimiento a nivel molecular en detalle de la biología de los mismos. A pesar de esto, parece ser que los virólogos tienen un doble desafío para el futuro: por un lado controlar los agentes virales que ya se conocen, para los cuales no existen drogas o vacunas efectivas hasta el momento, y además, aislar, identificar, caracterizar y controlar los agentes virales emergentes o reemergentes (HIV, Ebola, Hantavirus, etc. La inactiva es similar a tener una suspensión de virus en un medio de cultivo, son incapaces de multiplicarse y presentar actividad metabólica. De acuerdo con Arbiza (2008), carecen de maquinaria enzimática que les permita autorreplicarse, así cuentan con nutrientes adecuados para la propagación de las bacterias más exigentes. Pero si una

partícula viral es incorporada a células vivas sensibles, se comporta en forma activa y por lo tanto tomará el comando de la maquinaria enzimática de la célula huésped, logrando así su replicación (Arbiza, 2008).

### Infeción viral

De acuerdo con Arbiza (2008), la infección viral puede ser productiva o abortiva, entendiendo por abortiva cuando el ciclo lítico es incompleto y no se forman partículas virales infecciosas. Una infección productiva (Cánepa, 2000), por lo contrario, culmina con la generación de una progenie viral infecciosa dada en etapas de la siguiente manera: adsorción, penetración, denudación, eclipse, replicación, maduración y finalmente su liberación (Arbiza, 2008).

### CARACTERÍSTICAS DE LA GUERRA BIOLÓGICA

La principal característica de la guerra biológica es su "camuflaje" casi invisible, como lo plantea Lazo (2002), y esto se mantiene hasta que es demasiado tarde y los síntomas se hacen evidentes. Este tipo de guerra genera una gran sensación de terror en las personas y un grado altísimo de intranquilidad dentro de la vida diaria de un país, razón por la cual es de gran interés para grupos terroristas y el bioterrorismo propiamente dicho, como lo señala Saavedra (2007).

El desarrollo y producción de agentes microbiológicos es sencillo, como lo argumenta Jardim (2012), no requiere grandes infraestructuras y por esta razón es muy difícil detectar las posibles amenazas.

El uso de agentes biológicos se limita en gran medida geográficamente y sus efectos también, por lo que se pueden tipificar como agentes incapacitantes y agentes letales, así mismo de acuerdo con la forma de empleo pueden clasificarse como masivos indirectos, si es una infección de agua para consumo o infección de animales como alimento, por ejemplo; y

masivos directos o métodos de dispersión masiva. Otra clasificación es por uso focalizado cuando se atenta directamente contra personas específicas por medio de objetos cortopunzantes o utensilios de vestir, así mismo por contaminación de alimentos y agua de distribución limitada (Lazo, 2002).

La mayor problemática que enfrentan los agentes biológicos, en términos de eficacia, es la forma de dispersión e infección puesto que son muy frágiles a las condiciones físicas y químicas del medio ambiente, por esta razón se han modificado genéticamente para garantizar su efectividad (Lazo, 2002).

### Tipos de agente biológico

Lazo (2002) plantea cuatro tipos de agentes: bacterias, virus, toxinas, otros (hongos, protozoos, etc.):

1. Bacterias: son seres vivos, unicelulares, independientes, de diámetro aproximado 0,5- 1,0 micrómetro, y poseen ADN en su núcleo. Algunas especies poseen la capacidad de quedar en un estado de espora, lo que les permite quedar "dormidas" hasta que las condiciones del medio sean adecuadas para su reproducción y desarrollo. Pueden provocar daño al organismo por medio de la invasión y destrucción de tejidos o por la producción de toxinas. (p. 4).
2. Toxinas: son sustancias nocivas para el organismo, de origen biológico, sintetizadas por microorganismos como bacterias o animales (venenos). Su ingesta puede ser vía digestiva, aérea, o por vía cutánea o sanguínea. Su producción es en base a la fermentación de bacterias, y esto es relativamente simple y de bajo costo en comparación a la gran letalidad que poseen. Los antibióticos no son útiles en su tratamiento, y sólo queda emplear antídotos o toxoides, los cuales tienen una efectividad limitada dependiendo de cuanto se empleen. (p. 6).

3. Virus: son agentes biológicos compuestos de una membrana o envoltura con material genético en su interior (ADN o ARN), pero no poseen organelos y son 100 veces más pequeños que las bacterias. No poseen capacidad de reproducirse de forma autónoma, por lo que requieren de la maquinaria de una célula para su replicación (reproducción). Este virus se adhiere a la célula y une su material genético al de la célula y así puede multiplicarse sin que la célula lo advierta. Este virus produce daño de varias formas, pero en general es destruyendo la célula que infectan al repletar de virus su interior, como también al mutar el material genético de la célula y alterar el funcionamiento celular normal. Los antibióticos no son útiles con ellos, sólo sirven las vacunas y algunas sustancias antivirales que poseen una limitada utilidad y son muy caras. El trabajo con virus requiere de bastante aparataje y niveles de bioseguridad muy elevados, lo que dificulta y encarece su empleo por grupos terroristas, pero su trabajo es viable en naciones con una buena infraestructura en virología. (p. 7).

### Virus utilizados como agentes biológicos

Existen numerosos casos de virus que han sido reportados como agentes biológicos, sin embargo, se hará mención de algunos con especial relevancia y antecedentes de uso:

#### *Dengue*

De acuerdo con Lazo (2002) es una enfermedad producida por la infección de mosquitos, con una gran variedad de virus dengue, es endémica en las regiones tropicales del planeta y con una letalidad cercana al 20%. Tiene un período de incubación de siete a doce días y una duración de la enfermedad de nueve a quince días. Esta enfermedad, de acuerdo con la World Health Organization (2009), puede manifestarse de forma hemorrágica, con sangrado por boca, ano, nariz, conjuntivas; o como un cuadro febril muy elevado (40<sup>o</sup>) con gran compromiso del estado general. Su

tratamiento se basa solo en medidas de soporte médicas requeridas, por lo cual la OMS generó un manual completo llamado *Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control* (Vannucci, Lai, Chiuppesi, Ceccherini-Nelli, & Pistello, 2013).

#### **Uso como agente biológico del dengue**

De acuerdo con la OMS (1970), en su documento oficial de armas biológicas, el virus del dengue es fácilmente cultivable en laboratorio y los insectos pueden infectarse con él de formas muy simples. Se puede utilizar como aerosoles del virus del dengue en poblaciones susceptibles. Así mismo, es posible introducir mosquitos vectores en un área cuidadosamente elegida, lo que generaría pequeñas epidemias locales y posterior epidemia explosiva a medida que los mosquitos proliferan.

#### *Encefalitis Equina Venezolana*

Según Lazo (2002) es ocasionada por mosquitos infectados, con un período de incubación de dos a cinco días. Luego, en forma brusca, comienza un cuadro de cefalea intensa, náuseas, fiebre, postración, estado de estupor, temblores y convulsiones. La letalidad descrita en la forma natural de un 0,5%. La enfermedad dura aproximadamente ocho a diez días. Se sabe que en la URSS se diseñó una cepa capaz de ser liberada en el aire y con gran poder infeccioso por la vía inhalatoria, lo cual la hace muy atractiva para atentados contaminando los sistemas de ventilación. No posee tratamiento específico, excepto las medidas básicas y extraordinarias de apoyo médico.

La Organización Panamericana de la Salud (2003) presentó este agente como uno del género *Alfavirus* de la familia *Togaviridae* con reporte de las primeras epidemias que se registraron en la década de 1930 en la parte norte de Suramérica y luego se diseminaron a Centroamérica. Epidemias de tamaño considerable se registraron en México en 1969, en Texas en 1971 y en Venezuela en 1995.

El virus se mantiene en un ciclo roedor-mosquito-roedor. Durante los brotes importantes

que afectan a los humanos, la enfermedad se transmite en un ciclo que involucra mosquitos como vectores y a los caballos y otros equinos como huéspedes. Por esta razón, los brotes naturales están normalmente precedidos de epizootias equinas. Los humanos también pueden desarrollar suficiente viremia para servir como huéspedes en los ciclos humano-mosquito-humano. Las cepas epidémicas y no epidémicas se pueden distinguir antigénicamente (Organización Panamericana de la Salud, 2003).

### **Uso como agente biológico de la encefalitis equina venezolana**

Dado que el virus es posible crearlo en grandes cantidades en el laboratorio y produzca fácilmente una infección transmitida por el aire, se podría esperar que los aerosoles concentrados incapaciten al menos a la mitad de la población expuesta y que maten a algunos de ellos (World Health Organization, 1970).

### **Enfermedad de Rift Valley**

De acuerdo con Lazo (2002), es causada por el virus específico RFV que se contagia por picaduras de mosquitos o por inhalación del virus; su período de incubación es de tres a doce días. El cuadro que se manifiesta es de fiebre, malestar general, náuseas, vómitos, sangramientos de mucosas, manchas en la piel (petequias), ictericia. Deja secuelas oculares en un 50%, baja visión. Letalidad del 30 a 50%. No existe tratamiento específico. Se sabe que Irak poseyó un programa de investigación con este agente, inspirado en trabajos soviéticos.

De acuerdo con la OMS, este virus se puede cultivar fácilmente en embriones de pollo y en cultivo de tejidos, es estable en aerosoles y la infección en el hombre por inhalación o por el manejo de animales infectados es muy común.

### **Uso como agente biológico de la Enfermedad de Rift Valley**

La susceptibilidad de infección es casi universal en climas templados (World Health Organization, 1970). La entrega de aerosol y la entrada de grandes cantidades de virus a

través de los pulmones podría producir graves efectos incapacitantes en uno o dos días y algunas muertes.

### **El caso de la Fiebre Amarilla como arma biológica**

El virus de la Fiebre Amarilla cumple normalmente un ciclo en el que interviene un reservorio –el hombre o el mono enfermo– y un vector, el mosquito *Aedes aegypti* (Lazo, 2002). El hombre enfermo se convierte en un dador de virus, que el mosquito transporta infectando al picar.

La profilaxis clásica de la enfermedad consiste en vacunar a los habitantes de una zona endémica y exterminar al mosquito. Es decir, en la forma natural de la enfermedad, la infección respiratoria no existe. Fort Detrick, USA la inventó, según Jardim (2012).

Desde el punto de vista clínico, el tipo de puerta de entrada utilizado por un microorganismo dado puede o no afectar el desarrollo ulterior de la enfermedad. De por sí, el utilizar una nueva vía de acceso confunde radicalmente la sintomatología clínica y convierte, en el caso de la infección por vía respiratoria, a cada enfermo en un potencial diseminador a través de las expectoraciones y la tos o el estornudo, clásicos aerosoles biológicos (Jardim, 2012).

Lazo en el 2002 plantea que la Fiebre Amarilla es producida por un Flavivirus y produce en el humano infectado los siguientes síntomas y signos: fiebre elevada (39-40°), piel amarilla (ictericia), hemorragias de nariz y mucosa oral, y gran compromiso del estado general, con un período de incubación de tres a seis días. Posee una mortalidad de alrededor del 10%. Fue estudiada por Japón y EEUU empleando mosquitos como vectores, pero los resultados son clasificados. Existe una vacuna disponible, la cual evita desarrollar la enfermedad o atenuarla (Lazo, 2002).

Existen diferentes casos que permiten entender y generar un análisis del potencial de uso como agente biológico, sin embargo,

se presentan algunos de los más relevantes. Por mencionar otros agentes biológicos virales tenemos: Ébola, chikungunya, encefalitis japonesa, encefalitis Tick-born, Arthropod-borne (arbovirus), influenza, viruela, entre otros.

### Dificultades de la guerra biológica viral

El mayor problema que se enfrentaría en un plan de ataque con estos agentes es la forma de dispersión e infección, pues estos son bastante frágiles a ciertas condiciones físico-químicas en el medio donde se les libere (Lazo, 2002). Por esto se han modificado muchos de estos agentes para optimizar su supervivencia al medio, lo cual ha dado origen a la forma seca, resisten en mejor forma su liberación a la atmósfera, como a través de cartas o por medio de granadas de artillería o bombas (Jardim, 2012). Pero su desarrollo y producción es más compleja y peligrosa de efectuar.

En cambio, los agentes húmedos, condición más natural de estos, no resisten de buena forma su dispersión a la atmósfera, pero son de más fácil síntesis (Lazo, 2002), y pueden ser liberados en forma de aerosoles por aviones o helicópteros dispersores (Saavedra, 2007) que pueden contaminar aguas o bebidas en sus centros de distribución o venta, pero requieren de un mayor volumen de patógenos, en comparación con los secos (Lazo, 2002).

La infraestructura necesaria para el desarrollo y síntesis de estas armas varía según el agente que se desee producir, pues los agentes húmedos, como ciertas bacterias, son de fácil producción y almacenamiento, pero los agentes virales, en especial de alto nivel de bioseguridad –BSL 4 o nivel 4-, requieren de una gran infraestructura y personal muy bien entrenado (Lazo, 2002).

### Agentes biológicos virales y la ingeniería genética

La ingeniería genética, de acuerdo con Romero (2009), ha permitido establecer cuatro operaciones principales: obtención del gen

en cuestión; introducción del mismo en el organismo elegido; su inducción para que elabore su proteína; y, al acabar, la recogida del producto. Lo cual básicamente es introducir información genética nueva en un organismo para dotarlo de capacidades que antes no tenía (Romero, 2009).

Existen diferentes técnicas de modificación genética, sin embargo, en términos de modificación de virus con fines de uso como agente biológico, es necesario considerar el "vaso de mezcla", proceso analizado desde la influenza A (HxNx) en porcinos, donde se puede obtener un nuevo virus ocasionado por un shift, iniciado por una co-infección de dos virus diferentes, adicionando genes de la gripe humana, lo que generaría una posibilidad de transmisión humano – humano. Esto sumado a un aerosol, generaría un potencial agente biológico viral que puede desencadenar efectos masivos de infección directa.

De igual manera, si se logra la edición genética por CRISPR Cas9, u otro método, se desencadenaría un nuevo agente viral de magnitudes incalculables en términos de efectos masivos directos e indirectos.

Lo anteriormente descrito en términos de bioterrorismo desprende cuestiones de gran interés en términos de defensa de los diferentes países sometidos a este flagelo y en especial a las consideraciones bioéticas de la generación de investigaciones en este ámbito.

### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los virus que han sido utilizados o que tienen potencial de uso como agente biológico viral tienen la capacidad de generar grandes pérdidas de vidas humanas y evidencian cómo la relación -ciencia y guerra- ha generado avances científicos, pero también ha sido utilizada con fines destructivos.

La globalización es un fenómeno actual que involucra a todos los países, esto ha facilitado que diversos factores biológicos alcancen

grandes distancias, el transporte, las comunicaciones, la ampliación de los mercados, han hecho que el mundo esté al alcance de todos. Esto genera una fácil y rápida propagación de cualquier agente biológico y de enfermedades infectocontagiosas, por lo cual las armas biológicas pueden ser una amenaza con potencial para desplegarse desde diferentes hemisferios, generando una oportunidad de ataque por agente biológico viral, en especial por las consideraciones del bioterrorismo.

Si bien es cierto que los ataques con un arma biológica pueden ser devastadores, los países deben contemplar en sus evaluaciones del riesgo esta amenaza y generar los medios para reducir la vulnerabilidad, tanto de forma preventiva como de contrarrestar el virus como tal. Para lo anterior, se deben tener en cuenta protocolos de control de epidemias, mecanismos de investigación y de respuesta a sintomatologías diagnosticables, vigilancias epidemiológicas y métodos para combatir los agentes biológicos virales desde la biología viral *per se*, incluyendo protocolos de biología molecular y técnicas diagnósticas rápidas del mismo, en caso de ataque con arma biológica.

En términos de bioética, se deben controlar las investigaciones y el conocimiento a través del comité de bioética de las instituciones de investigación privadas y públicas, lo anterior para poder minimizar el riesgo de generar procesos de ingeniería genética e investigación experimental de modificación y edición de genes virales que puedan atentar contra la salud de las personas de cualquier forma, masiva o focalizada.

La evolución biológica ha permitido aprovechar años de perfeccionamiento de funciones biológicas, individuos y seres vivos con funciones y metabolismos que forman parte de un orden natural; sin embargo, este conocimiento trae consigo una gran responsabilidad de uso para mejorar la calidad de vida de las personas y no afectar negativamente la salud. Por esto, la bioética debe primar en las decisiones

inherentes a la biotecnología, propendiendo por el conocimiento para beneficiar la humanidad, sin afectar el equilibrio con el medio ambiente, el desarrollo económico y estimular las condiciones de salud *ad hoc*.

## REFERENCIAS

- Aranda, A. (1995). *En la frontera de la vida: los virus* (2ª ed.). Recuperado de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/071/htm/enlafon.htm>
- Arbiza, J. (1997). *Biología de Los Virus*. Recuperado de <http://www.higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap 1.pdf>
- Arbiza, J. (2008). *Aspectos generales de Biología Viral*. Recuperado de <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BiologiaViral.pdf>
- Atanze, I. (2012). Armas biológicas: Situación y desarrollo. 83, 1-14. Recuperado de [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2012/DIEEO83-2012\\_ArmasBiologicas\\_SituacionRespuesta\\_I.BuenoAtanze.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2012/DIEEO83-2012_ArmasBiologicas_SituacionRespuesta_I.BuenoAtanze.pdf)
- Cánepa, E. (2000). Fisiopatología de las infecciones virales. *Piel*, 1-8. Recuperado de <http://higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap 2.pdf>
- Escobar, H. (2014). *Necesidad de Implementación de Métodos de Detección para Bioterrorismos en Zonas Aduaneras* [tesis de grado]. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Jardim, J. (2012). *La guerra y la ciencia*, 1-23. Recuperado de [http://www6.rel-uita.org/agricultura/agrotoxicos/guerra\\_quimica.pdf](http://www6.rel-uita.org/agricultura/agrotoxicos/guerra_quimica.pdf)
- Lazo, G. W. (2002). *Guerra biológica. Una síntesis de una antigua nueva guerra*. Recuperado de <https://revistamarina.cl/revistas/2002/2/wilson.pdf>
- Morán, A. (2015). ¿Qué es la tecnología CRISPR/Cas9 y cómo nos cambiará la vida? *Dciencia*, 1. Recuperado de <http://dciencia.es/que-es-la-tecnologia-crispr-cas9/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Respuesta de la salud pública a las armas biológicas y químicas Guía de la OMS*.
- PNA Bio. (2014). *CRISPR/Cas9 (RGEN)*. Recuperado de [http://pnabio.com/products/CRISPR\\_Cas9.htm](http://pnabio.com/products/CRISPR_Cas9.htm)
- Romero Vázquez, G. (2009). Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios. *La UNED*, 1-20. Recuperado de <http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/GloriaRomero.pdf>
- Saavedra, C. (2007). *Bioterrorismo*. Recuperado de <http://www.reeme.arizona.edu/materials/Bioterrorismo.pdf>
- United Nations. (2010). Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas biológicas y tóxicas y sobre su destrucción. *Proceedings of the*

- Annual Meeting (American Society of International Law)*, 104 (June 1992), 200–205. <https://doi.org/10.5305/procanmeetasil.104.0200>
- Vannucci, L., Lai, M., Chiuppesi, F., Ceccherini-Nelli, L., & Pistello, M. (2013). Viral vectors: a look back and ahead on gene transfer technology. *The New Microbiologica*, 36(1), 1–22. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23435812>
- World Health Organization. (1970). *Health Aspects of Chemical and Biological Weapons*. Recuperado de <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39444/1/24039.pdf>
- World Health Organization. (2009). Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention, and control. *Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases*, x, 147. <https://doi.org/WHO/HTM/NTD/DEN/2009.1>