

*Alberto Cique Moya**

‘Biohacking’ y ‘biohackers’:
amenazas y oportunidades

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

‘Biohacking’ y ‘biohackers’: amenazas y oportunidades

Resumen:

La simplificación de las técnicas relacionadas con la biología molecular y el acceso al conocimiento ha potenciado el desarrollo de la filosofía *DIYBio* (*Do It Yourself Biology* – «Haz tu misma biología») a nivel mundial. Este movimiento, potenciado incluso desde las universidades, trata de trasladar el conocimiento desde los laboratorios a los garajes por los *biohackers* a semejanza de lo ocurrido con la informática. El problema que plantea esto es la presumible falta de control de las líneas de investigación que se puedan llevar a cabo y que podrían llegar a provocar consecuencias impredecibles. Resultando necesario fomentar el comportamiento ético de los seguidores junto con una supervisión de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad así como una mayor implicación de la administración, unido a una mayor transparencia si cabe para evitar caer en el sensacionalismo que podría degenerar en una situación de alarma social. En conclusión, el movimiento *biohacker* ha llegado para quedarse por lo que resulta fundamental conocer quiénes son, supervisar sus trabajos e incluso adecuar la legislación en caso de que fuera necesario a la realidad que estamos viviendo.

Abstract:

The simplification of techniques related to molecular biology and access to knowledge has boosted the development of the DIYBio (Do It Yourself Biology) philosophy worldwide. This movement, promoted even from the universities, tries to transfer knowledge from laboratories to garages by biohackers in the same way as what happened with computer science. The problem that arises is the presumed lack of control of the lines of research that can be carried out and that could lead to unpredictable consequences. It is necessary to promote the ethical behavior of the followers along with a supervision of the security forces, as well as a greater involvement of the administration, together with a greater transparency if it is possible to avoid falling into the sensationalism that could degenerate into a situation of alarm Social. In conclusion, the biohacker movement has arrived to stay so it is fundamental to know who they are, to supervise their work and even to adapt the legislation in case it was necessary to the reality that we are living.

***NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

Palabras clave:

Biohacking, biohackers, bioterrorismo, riesgos, amenazas, bioseguridad.

Keywords:

Biohacking, biohackers, bioterrorism, risks, threats, biosecurity.

Introducción

El pasado 19 de mayo se celebró en Estocolmo el *Biohacker Summit* bajo el lema *Better Living Through Science, Technology & Nature*. Durante el encuentro internacional de empresas y personas interesadas en el mundo *biohacker* se dieron cita desde bioingenieros hasta médicos, pasando por ciberfilósofos o diseñadores tecnológicos de belleza para discutir temas relacionados en cómo ser, o transformarse, en individuos más listos, más sanos y por supuesto, mejores personas gracias a los progresos obtenidos en bioinformática, en ingeniería genética, medicina, e incluso a través del arte¹.

Puede que a muchos les sorprenda como esta joven filosofía de vida identificada con la estética *biopunk*², el movimiento transhumanista³ y el tecnoprogresismo⁴ esté ganando adeptos en todo el mundo a merced del interés por optimizar el rendimiento y bienestar de las personas a través del acercamiento de la ciencia a la ciudadanía. Esto es, trasladando los laboratorios de investigación a los garajes u hogares de los ciudadanos a semejanza de lo que hicieron los pioneros de la informática^{5,6}. De hecho, el término *biohacking* es una palabra compuesta por las palabras «biología» y *hacking*, siendo los *biohackers* firmes seguidores del movimiento *DIYBio*, es decir *Do it Yourself Biology* o lo que podrían ser, salvando las distancias, «biotecnólogos de andar por casa». Esto es así porque el movimiento *DIYBio* apuesta por hacer más accesibles las herramientas y el

1 <http://biohackersummit.com/stockholm-2017/>

2 Subgénero literario/cinematográfico nacido del Cyberpunk que se enfoca en la biotecnología como tema central. No tiene una ambientación específica, sus historias pueden ser futuristas, retrofuturistas e incluso contemporáneas. Se basa en el precepto de que la manipulación y experimentación genética han llegado a ser los máximos desarrollos científicos y tecnológicos (<https://cafeanimelair.com/2012/10/11/biopunk/>)

3 Movimiento que promueve un acercamiento interdisciplinario para comprender y evaluar las oportunidades de mejorar la condición humana y el organismo humano abierto por el avance de la tecnología. Los transhumanistas esperan que mediante el uso responsable de la ciencia, tecnología y otros medios racionales consigamos finalmente convertirnos en posthumanos, seres con capacidades mucho mayores a las que tienen los actuales seres humanos (<https://elnuevodespertar.wordpress.com/2014/01/09/el-lado-oscuro-del-transhumanismo-ingenieria-genetica-nanotecnologia-y-armas-escalares/>).

4 Postura ideológica que preconiza un apoyo activo a la convergencia del cambio tecnológico y el progreso social. Argumenta que los desarrollos tecnológicos pueden ser profundamente empoderadores y emancipatorios cuando son regulados o dirigidos por instancias legítimamente democráticas o de participación activa para el aseguramiento de que sus costos, riesgos y beneficios sean justamente distribuidos en la sociedad (<http://introduccion012.blogspot.com.es/2009/09/el-tecnoprogresismo-o-tecno-progresismo.html>).

5 <http://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/biohacking-biologia-sintetica-981397653255>

6 O'NEILL M. "Transhumanists, biohackers, grinders: Who are they and can they really live forever?" 23/02/17 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.abc.net.au/news/2017-02-23/biohackers-transhumanists-grinders-on-living-forever/8292790>

conocimientos necesarios para llevar a cabo experimentos de biología, bioquímica o bioingeniería con el objetivo último de alcanzar el desarrollo científico a través, entre otras tecnologías, de la biología sintética⁷.

Relacionado con esto y al objeto de promover el desarrollo de la biología sintética, el Instituto Tecnológico de Massachusetts organizó en 2003, una especie de concurso cooperativo denominado *International Genetically Engineered Machine* – iGEM (Campeonato Internacional de Máquinas de Ingeniería Genética)⁸, donde los estudiantes tuvieron que desarrollar un dispositivo biológico para hacer que las células respondieran a estímulos luminosos. El éxito fue tal que la iniciativa se expandió e internacionalizó en los siguientes años, aumentando el número de equipos conforme pasaban los años, así hasta 2017 donde han participado 2 274 equipos de todo el mundo, de los cuales 23 han sido españoles (1 de 311 en 2017)⁹.

En la actualidad, el concurso está dirigido a estudiantes universitarios de pregrado, así como estudiantes de secundaria y posgraduados integrados en equipos multidisciplinares con el objetivo de construir sistemas genéticamente manipulados usando partes biológicas estándar llamadas *BioBricks* (los participantes reciben la misma caja de componentes biológicos estándar con el que deben construir un sistema biológico novedoso, desde bacterias con olores y colores a la carta hasta sistemas de detección de metales pesados en agua)¹⁰.

Otra iniciativa similar, pero en este caso dedicado exclusivamente a estudiantes de pregrado es el concurso anual de diseño biomolecular BIOMOD que es organizado por el Weiss Institute de la Universidad de Harvard donde los participantes «compiten utilizando ADN, ARN, proteínas como “bloques de construcción” para crear robots autónomos, computadoras moleculares y prototipos para terapias a nanoescala»¹¹.

7 <http://dpva.org/wiki/index.php/DIYbio>

8 <http://igem.org/About>

9 http://igem.org/Team_List?year=2017&name=Championship&division=igem

10 Fragmentos de ADN que codifican para una característica genética o biológica y que pueden ser combinados para formar módulos complejos. Son la unidad modular básica que realiza una función simple y permite modificar las funciones biológicas sin la necesidad de conocer a priori el funcionamiento exacto del sistema (<https://genmolecular.com/tag/biobricks/>)

11 MOST N. “*DIYBIO Around the world*” Chapter 5 En: Biocoder DIY/BIO Quaterly Journal Fall 2013. (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://chimera.labs.oreilly.com/books/123000000737/ch05.html>

El impulso de la filosofía *DIYBio* ha permitido a nivel global (<https://DIYbio.org>) que estudiantes de grado, de bachillerato e incluso aficionados de forma individual o en equipos multidisciplinares en talleres comunitarios o en sus domicilios hayan obtenido resultados en cuanto a la optimización de técnicas y procesos biotecnológicos que aseguran el acceso a estas tecnologías a todo el mundo¹².

Es importante resaltar que una gran mayoría de los *biohackers* son aficionados interesados en superar los retos que supone la investigación en instalaciones no más sofisticadas que un laboratorio de un instituto de enseñanza media en un ambiente cooperativo¹³. De hecho, las diferentes investigaciones que se están llevando a nivel global son accesibles en plataformas de fuentes abiertas (*open source*) como *OpenWetWare* o *Synbiota* donde se pueden encontrar desde los diferentes grupos, dirigidos normalmente por investigadores profesionales, hasta los protocolos de trabajo que facilitan el desarrollo de experimentos^{14,15}.

De igual manera, este desarrollo ha sido aprovechado por parte de emprendedores que gracias al desarrollo de patentes o no, a través de *startups* o empresas similares han visto una oportunidad de negocio con la venta del aparataje, consumibles y/o el material fungible necesario para poder desarrollar los experimentos «caseros» por parte de los *biohackers*¹⁶. Sin olvidar el hecho de conocimiento colaborativo que está detrás de la filosofía *DIYBio* a merced del acercamiento a las aulas de técnicas y desarrollos hasta ahora impensables (*Rainbow Factory – Teaching Lab Edition*)¹⁷, y por qué no incluso para aplicaciones artísticas^{18,19,20}.

12 http://2011.igem.org/Jamboree/Team_Abstracts#EUROPE

13 ANÓNIMO. "Garage biology" (editorial). *Nature* 2010;467:634.

14 MEDVEDIK O. "Synbiota: Ant Entry-Level ELN for the budding Scientist" Chapter 7. En: *Biocoder DIY/BIO Quaterly Journal Fall 2013*. (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://chimera.labs.oreilly.com/books/1230000000737/ch07.html>

15 En los siguientes enlaces se puede entrar en las páginas web donde se explica con mayor profundidad lo recogido anteriormente <http://openwetware.org/wiki/Labs> y <http://press.synbiota.com/company>

16 BANCROFT D. "The 'Lunch Box' sized Laboratory for Biohackers, Educators and Artists". 22/03/16 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://labiotech.eu/bento-lab-kickstarter-dna-biohacking-synbio-startup/>

17 <https://synbiota.com/products/rainbow-factory-kit-teaching-lab-edition>

18 <https://angel.co/life-sciences>

19 PROFFITT C. Top 10 Biohacking Companies to watch in 2017. *Disruptordaily.com* January 14, 2017 (accedido 02/06/17). Disponible en: <https://disruptordaily.com/top-ten-biohacking-companies-watch-2017/>

20 <https://amino.bio/pages/amino-labs-for-educators>

DIYBio: riesgos y amenazas

Ante el avance de la filosofía *DIYBio* pronto se plantearon las primeras dudas acerca de las posibles consecuencias perjudiciales que provocaría la liberación accidental o intencionada de los agentes biológicos obtenidos en un «laboratorio» donde se hiciera un «manejo» no controlado de agentes biológicos sin el adecuado nivel de bioseguridad^{21,22}. Hecho que se veía potenciado por el libre acceso a agentes biológicos patógenos por vía postal, así como a la información genética en las bases de datos, junto con la posibilidad de adquisición de ADN sintético sin control, con lo que el ciclo se cerraba al poder no solo optar al agente biológico *per se*, si no a las herramientas de replicación genómica y por tanto crear/recrear un agente biológico en función de la información abierta disponible. Todo esto determina que los principios de protección y precaución establecidos en la conferencia de Asilomar se podrían ver sobrepasados y por tanto incrementar el riesgo^{23,24,25,26}

El desarrollo de la tecnología CRISPR²⁷, ha añadido un factor más de inquietud al poder ser utilizada la técnica tanto en células somáticas como en células germinales²⁸. De ahí la importancia de establecer, como más adelante se expondrá unas pautas sobre el uso apropiado de esta tecnología partiendo de la generación de un comportamiento ético de los profesionales asociado a una adecuada biocustodia de los agentes biológicos modificados para evitar sus consecuencias no deseadas²⁹.

21 SCHMIDT M. “*Diffusion of syntetic biology: a challenge to biosafety*”. Syst Synth Bio Eng. 2008;2:5.

22 GORMAN B. “*Patent office as biosecurity gatekeeper: Fostering responsible science and building public trust in DIY science*”. Marshall Rev Intell Prop L 2011;3(10):423-449.

23 https://genome-euro.ucsc.edu/goldenPath/credits.html#ebola_credits

24 MASSUNG RF, LIU LI, QI J, KNIGHT JC YURAN TE at al. “*Analysis of the complete genome of smallpox variola major virus strain Bangladesh-1975*”. Virology 1994;201(2):215-40.

25 CELLO J, PAUL AV, WIMMER E. “*Chemical synthesis of poliovirus cDNA: generation of infectious virus in the absence of natural template*” Science 2002;297(5583):1016-8.

26 LÓPEZ MORATALLA, SANTIAGO E. “*Capítulo 19. Manipulación genética por transferencia de genes. Anexo: La conferencia de Asilomar*” Departamento de Humanidades Biomédicas. Facultades de Medicina, Ciencias y Farmacia. Universidad de Navarra (accedido 10/0617). Disponible en: <http://www.unav.es/cdb/dbcapo19f.html>

27 Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente espaciadas. En el siguiente enlace se incluye información técnica detallada sobre la técnica: http://www.scbt.com/es/crispr-cas9_system.html

28 La manipulación de las líneas germinales debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar, o permitir, la utilización de estas técnicas en líneas germinales por las consecuencias que podría generar sobre las generaciones futuras.

29 MARTÍNEZ L. “*Las ganadoras del Premio Princesa de Asturias de Ciencia: 'La manipulación de ADN*

En este sentido no se puede olvidar el hecho de que la obtención por error de un agente biológico patógeno, como por ejemplo una bacteria multirresistente a los tratamientos antibióticos convencionales, podría tener consecuencias devastadoras a nivel global en el caso hipotético de que fueran capaces de conseguirla. De ahí la necesidad de potenciar el autocontrol por parte de los *biohackers*, de fortalecer la bioseguridad de sus instalaciones y por supuesto incrementar las medidas de biocustodia de los agentes obtenidos por parte de la propia organización *DIYBio* de la que anteriormente se hacía mención. Ese autocontrol conlleva la generación de la conciencia ética de los «investigadores» para evitar realizar investigaciones en la frontera de lo permisible³⁰, hecho que es potenciado en el ideario de este tipo de organizaciones y grupos afines, entre ellos la propia fundación iGEM³¹.

Ese manejo no controlado e indiscriminado de microorganismos podría tener como consecuencia transformar un agente biológico no patógeno, normalmente bacterias, en un agente biológico patógeno y por qué no, incluso letal. De ahí que rápidamente saltaran las alarmas al posible uso criminal o terrorista de agentes biológicos modificados en un garaje por personas que aprovechándose de la simplificación de las técnicas y procedimientos pudieran buscar en este tipo de agentes una herramienta para alcanzar sus objetivos^{32,33}.

Esta posibilidad de uso dual ya fue adelantada en 1999, cuando aún podría decirse la biotecnología empezaba a dar sus primeros pasos, por los miembros de la Comisión de Seguridad Nacional norteamericana al declarar que la simplificación de las técnicas biotecnológicas constituía una seria amenaza a la seguridad del país por parte de

en embriones debe regularse". Diario El Mundo (edición online) 22/10/15 (accedido 30/10/15) Disponible en: <http://www.elmundo.es/salud/2015/10/22/5627cb1b22601d354f8b45b3.html>

30 KUIKEN T, PAUWELS E. "*Beyond the laboratory and far away: immediate and future challenges in governing the bio-economy*" synbioproject.org (accedido 02/06/17). Disponible en: http://www.synbioproject.org/process/assets/files/6642/beyond_the_laboratory_and_far_away_a_wilson_center_policy_brief.pdf

31 PRESIDENTIAL COMMISSION FOR THE STUDY OF BIOETHICAL ISSUES. "*New Directions Hte Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*". December 2010.

32 ANDERSON J, SASSAMAN L, YOU E. "*The rise of distributed, decentralized, amateur/citizen science and do it yourself biology: safety and security concerns*". Open Sci Summit, Berkeley USA, July 2010:29-31.

33 GRAY R. "*Risk posed by 'garage geneticists': Fears amateur scientists using DNA editing technology may cause harm*" Mail online (página web) 30/09/16 (accedido 10/06/16) Disponible en: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3815998/Risk-posed-garage-geneticists-Fears-amateur-scientists-using-DNA-editing-technology-cause-harm.html>

individuos o grupos dispuestos a utilizarlos contra los Estados Unidos³⁴. Aunque no se puede olvidar que, a pesar de los progresos obtenidos, aquel individuo, grupo o estado interesado en alcanzar la capacidad operacional de diseminación de agentes biológicos deberá superar los retos tecnológicos, logísticos y operativos que como a nadie se le escapa necesitará algo más que una bata de laboratorio y un garaje^{35,36}. No obstante, fruto de esta preocupación, y al objeto de conocer y evaluar las líneas de investigación que se estaban llevando a cabo, el FBI participó a partir de 2009 en las conferencias que dirige la organización *DIYBio* en los Estados Unidos.

El problema con el que nos enfrentamos es dónde empieza y dónde termina el derecho de los ciudadanos a manipular/trabajar con agentes biológicos en sus garajes y si esto es posible a día de hoy. El caso del artista Steve Kurtz resulta muy clarificador en este sentido, ya que explica lo expresado anteriormente, el desarrollo de la filosofía *DIYBio* con las manifestaciones artísticas y la conciencia de seguridad de la sociedad. La muerte súbita de su joven mujer en mayo de 2004, llevó aparejada el inicio de una investigación policial que desencadenó en su arresto por parte del FBI al haberse descubierto en la inspección de su casa un pequeño laboratorio de microbiología. Bajo la sospecha de que estaba realizando acciones ilegales fue acusado de sospecha de bioterrorismo al aplicársele la legislación antiterrorista. En su defensa Kurtz declaró que estaba trabajando en un proyecto artístico con bacterias no patógenas para el Museo de Arte Contemporáneo de Massachusetts. Durante el juicio se retiraron los cargos por bioterrorismo, pero se le aplicaron los cargos federales de fraude postal tanto a Kurtz como a Robert Ferrell, consultor científico del colectivo artístico *Critical Art Ensemble's Projects*. Años después, en abril de 2008 los cargos fueron retirados al considerar el jurado que los hechos por los que estaba siendo juzgado no eran constitutivos de delito³⁷, ya que la legislación norteamericana no contempla como delito trabajar, incluso con

34 FEDERATION OF AMERICAN SCIENTIST. "What is Biosecurity and Why Should We Care. Module 1". (consultado 30/10/15). Disponible en:

http://www.fas.org/biosecurity/education/dualuse/FAS_Introduction/2_A.html

35 TUCKER JB. "Chapter 1 Introduction". En: Toxic Terror. Assessing Terrorist Use of Chemical and Biological Weapons. Tucker JB. Editor. Belfer Center for Science and International Affairs 2000:9.

36 CIQUE MOYA A. "Agentes biológicos" En: Proliferación de ADM y de Tecnología Avanzada. Jesús R. Argumosa Pila (Coord.). Cuaderno de Estrategia nº 153. Instituto Español de Estudios Estratégicos. 13/09/2011 (accedido 10/06/17). Disponible en: http://www.ieeee.es/publicaciones-new/cuadernos-de-estrategia/2011/Cuaderno_153.html

37 HIRSCH R. "The Strange Case of Steve Kurtz: Critical Art Ensemble and the Price of Freedom" Afterimage may/june 2005:22-32

agentes modificados genéticamente, fuera de instalaciones autorizadas al contrario de lo que sucede en Europa³⁸.

En relación a lo anterior, Alemania y en aras de evitar el desarrollo descontrolado de la filosofía *biohacker* ha declarado que interpondrá penas de prisión y multas de hasta 50 000 € a aquellos individuos o grupos que realicen este tipo de actividades al considerar que despliegan actividades ilegales de acuerdo a la legislación vigente³⁹, Hecho que como se desarrollará más adelante podría ser de aplicación en España en función de la aplicación de la legislación vigente.

Mitos y realidades del movimiento *DIYBio*

Relacionando el desarrollo de la biología sintética con el movimiento *DIYBio*, no se puede olvidar que los propios investigadores que trabajan en biología sintética, los conocidos como biólogos sintéticos son reacios a que se les confunda con los *biohackers* por la idea extendida de los posibles riesgos que podrían estar detrás de la filosofía *DIYBio*⁴⁰, considerándose entre otras opiniones que los bioterroristas podrían explotar el avance de los conocimientos en biología para perseguir sus fines bajo el paraguas del movimiento *DIYBio*, ya sea aprovechando el abaratamiento de las técnicas y procesos utilizados, así como su optimización para alcanzar sus objetivos^{41,42}, hecho que se ha complicado más si cabe con la optimización de la tecnología CRISPR al poderse manipular casi sin restricciones el genoma de los microorganismos y obtener quimeras o bacterias modificadas genéticamente que pudieran provocar consecuencias inciertas. Aunque no se puede olvidar que el rendimiento de los procesos que pueden realizarse

38 D'HAESELEER P. "Is this legal? Chapter 4. En: *DIY/BIO Quaterly Journal* Fall 2013. (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://chimera.labs.oreilly.com/books/1230000000737/ch04.html>

39 PORTALTIC/EP "Alemania interpondrá penas de prisión y multas de hasta 50.000 euros a los 'biohackers'" 10 Feb. 2017 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-alemania-interpondra-penas-prision-multas-50000-euros-biohackers-20170210130135.html>

40 BENNETT G. "DIYBio: Biosecurity and the entrepreneurial future". GENEWATCH. Council for Responsible Genetics organization – CRG. (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.councilforresponsiblegenetics.org/GeneWatch/GeneWatchPage.aspx?pageId=234&archive=yes>

41 JEFFERSON C, LENTZOS F, MARRIS C. "Synthetic biology and biosecurity: challenging the "myths" *Frontiers in Public Health*. 2014;2:115 (accedido 10/06/17). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4139924/>

42 GRUSHKIN D, KUIKEM T, MILLET P. "Seven Myths & Realities about Do-It-Yourself Biology" *Synthetic Biology Project /Synvbio* 5. Wilson Center International Center for Scholars. November 2013.

en un «garaje» no tendría por qué tener consecuencias calamitosas en función de la eficacia de los trabajos realizados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que una «instalación» donde se manejen microorganismos de acuerdo a la filosofía *DIYBio* debe tener un adecuado nivel de bioseguridad siempre que se manejen agentes biológicos vivos. De ahí que parezca razonable que los microorganismos estén incluidos como máximo en la categoría 1 para evitar tener un accidente biológico que pueda tener consecuencias impredecibles de salud pública.

En relación con lo anterior existe la idea generalizada de que los *biohackers* son incapaces de contribuir al desarrollo de la biotecnología. Esta idea preconcebida viene definida por la ausencia, al contrario que la ciencia clásica, de trabajos en las publicaciones científicas que normalmente utilizan los investigadores de tipo académico, mientras que los *biohackers* eluden esta vía de difusión de conocimientos. Por otro lado, la experiencia muestra que colaboran de forma activa en el desarrollo de la biotecnología, sirva de ejemplo la difusión de conocimientos relacionados con la estructura y biosíntesis proteica, entre otras líneas de investigación, colaborando de esta manera en el conocimiento de los mecanismos de síntesis y actividad de las mismas, optimizando técnicas, reduciendo costes y difundiendo de forma libre dicho conocimiento (como por ejemplo OPENPCR). Además de que normalmente los *biohackers* están implicados en experiencias educativas para llevar a las aulas el conocimiento de la biotecnología⁴³.

Muchas personas se imaginan a un *biohacker* como un individuo que «trabaja» de forma anónima y solitaria en el garaje de su casa con la esperanza de encontrar algo que revolucione el estado de la ciencia. En realidad se estaría hablando de un lobo solitario al que se magnifica su nivel de conocimientos y su capacidad de provocar daño a través de sus acciones ilegales. Esta idea sumamente extendida ha sido potenciada desde los medios de comunicación al servir de guion para series de ficción catastrofistas. Esta concepción viene definida por el propio nombre del movimiento *DIYBio Do It Yourself* y la leyenda que lo rodea, donde son individuos solitarios los que participan en el movimiento de forma anónima e independiente en instalaciones de fortuna como garajes, cocinas o instalaciones similares.

43 BROWDWIN E. "New Generation of Bio-Hackers Make DNA Misbehave" 26/06/14 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.newsweek.com/2014/07/04/new-generation-bio-hackers-make-dna-misbehave-256322.html>

El hecho es que esta denominación ha tenido más éxito mediático que la que en realidad le correspondería que sería la de *DITBio Do It Together Biology*, ya que esta filosofía realmente se basa en el conocimiento cooperativo en espacios comunes donde los *biohackers* intercambian experiencias⁴⁴. No obstante, cuando se habla de «instalaciones» hay que huir del concepto genérico de «garaje» para pensar en una instalación que tenga una dotación laboratorial que incluya algún tipo de termociclador, una centrifugadora, sistemas de electroforesis en gel, placas magnéticas, autoclave, incubadora de CO₂, microscopio óptico y fluorescente, agitadores, sistemas de purificación de proteínas, baño ultrasónico, refrigerador-congelador, baños de agua, etc. Así como consumibles de laboratorio como tubos de ensayo, micropipetas, portaobjetos, agua desionizada, agua ultrapura, medios de cultivo, etc.⁴⁵. Esta necesidad de dotación de equipamiento explica la colaboración e intervención de ingenieros, artesanos para desarrollar equipamientos más económicos que los que comercialmente están disponibles en el movimiento *DIYBio*⁴⁶.

En relación a lo anterior y como antes se ha citado, existe la idea extendida de que los *biohackers* son capaces de desencadenar una epidemia mortal al haber obtenido en su «laboratorio» un agente biológico letal gracias a la modificación de su genoma haciéndolo más patógeno, virulencia o resistente a los tratamientos establecidos. Esta idea amplificada «injustificadamente» por algunos medios de comunicación viene definida por la idea de que los *biohackers* podrían estar trabajando en virus capaces de provocar epidemias mortales. Hecho que se fundamenta en el temor extendido por parte de organizaciones cuyo ideario se relaciona con la animadversión al uso y consumo de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) al considerar que los *biohackers* experimentan con OGM de forma extendida y descontrolada⁴⁷. Sin embargo, para llegar a provocar este escenario apocalíptico los *biohackers* tendrían que tener acceso a

44 WAAG SOCIETY “*Do It Together Bio*” waag society. (accedido 10/06/17). Disponible en: <https://waag.org/en/project/do-it-together-bio>

45 MONASOR A. “¿Qué es un biohacker? El movimiento DIY Bio”. Biotekis (internet). 27/11/2014 (accedido 18/05/17). Disponible en: <http://diy-bio.com/diybio-lab-equipment/>

46 BANCROFT D. “*The ‘Lunch Box’ sized Laboratory for Biohackers, Educators and Artists*” 22/03/16 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://labiotech.eu/bento-lab-kickstarter-dna-biohacking-synbio-startup/>

47 PAUL K. “*What Happens If Someone Uses This DIY Gene Hacking Kit to Make Mutant Bacteria?*” Motherboard (web page). Dec 7, 2015 (accedido 10/06/17). Disponible en: https://motherboard.vice.com/en_us/article/what-happens-if-someone-uses-this-diy-gene-hacking-kit-to-make-mutant-bacteria

agentes patógenos del grupo 3 o 4, cuando en realidad con lo que trabajan normalmente son con agentes incluidos en el grupo 1⁴⁸. Lo cual estaría en línea con los principios establecidos en la conferencia de Asilomar anteriormente referenciada⁴⁹.

No se puede olvidar que además tendrían que disponer del *know how* del que muchos *biohackers* carecen, aun trabajando de forma cooperativa. Sin olvidar, el hecho característico más importante relacionado con las condiciones de bioseguridad de su instalación, ya que tendrían que adecuar las mismas al agente que manipulan para que ellos mismos no resultaran afectados por el agente patógeno conseguido, toda vez que los agentes de grupo 4 por definición no tienen tratamiento ni vacuna. Siendo lo más relevante la confusión existente entre disponer del agente biológico y tener un arma biológica, o lo que es lo mismo disponer de la capacidad operacional de diseminación de un agente biológico⁵⁰.

Lo anteriormente expuesto se relaciona de forma íntima con la idea generalizada de que los *biohackers* son individuos/grupos remisos a la supervisión gubernamental de sus actividades, ya que en función de las diferentes legislaciones nacionales este tipo de prácticas no estaría autorizado fuera de las instalaciones autorizadas para ello. En concordancia con esto y en función de la capacidad de biosíntesis utilizando los recursos disponibles (al estilo de los biobricks) y el conocimiento del genoma de los agentes biológicos patógenos está detrás del bloqueo de disponibilidad de los fragmentos determinantes de la patogenicidad y/o virulencia para evitar poder llegar a sintetizarlos *ex novo* en el laboratorio. Discutiéndose la efectividad de establecer algún tipo de licencia administrativa específica para la actividades desarrolladas por las comunidades *DIYBio*, ya que el individuo o grupo que tuviera intenciones espurias intentaría alcanzar sus objetivos sin la supervisión gubernamental, por lo que la efectividad se vería reducida al mínimo y podría dar una sensación de seguridad basada en la confianza de que los

48 REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Ministerio de la Presidencia. BOE nº 124, de 24/05/1997 (accedido 10/06/17). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-11144-consolidado.pdf>

49 Bioética web "Declaración de Asilomar" (accedido 10/06/17). Disponible en: <https://www.bioeticaweb.com/declaracion-de-asilomar/>

50 CIQUE MOYA A. "Capacidad Biológica del DAESH: Querer no es poder" Instituto Español de Estudios Estratégicos. Documento de Opinión 130/2015 3 diciembre de 2015 (accedido 10/06/17). Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEEO130-2015_CapacidadBiologicaDaesh_AlbertoCiqueMoya.pdf

biohackers están controlados. Por este motivo, y considerando que la sola supervisión gubernamental no es la solución, se plantea la necesidad de establecer códigos de conducta que tratarían de basar en el autocontrol la reducción de los riesgos asociados al movimiento *biohacker*.

- Son muchos los que consideran a los *biohackers* como individuos carentes de ética y que por lo tanto podrían estar trabajando en líneas de investigación que alcanzarían, en el caso de tener éxito, generar situaciones de riesgo. No obstante, la gran mayoría de los *biohackers* son conscientes de la necesidad de trabajar bajo premisas bioéticas, hecho que se ve corroborado por el desarrollo e implantación de códigos propios confluente, pero no comunes entre los diferentes movimientos que tienen por objetivo trabajar bajo premisas éticas relacionadas con el trabajo exclusivo con agentes del grupo 1, no utilizar líneas germinales y no utilizar animales en sus experiencias y por supuesto mostrar y compartir sin ningún tipo de cortapisa sus resultados, promoviendo la ciencia ciudadana y el acceso descentralizado a la biotecnología aplicando los principios de la bioseguridad, así como el respeto al medio ambiente. Esto que es una práctica generalizada puede que no sea cumplido por todos los seguidores de la filosofía *DIYBio*, toda vez que pueda haber un trasfondo económico en forma de patentes al final de la investigación iniciada.

Y por otro lado, no puede descartarse el hecho de no cumplir los principios éticos que preconiza el movimiento al ser en realidad códigos de conducta que en un mundo utópico serían suficiente salvaguarda frente a los posibles peligros que entraña el movimiento *DIYBio*, o mejor día que aprovecha el movimiento *DIYBio* para alcanzar sus fines. Además hay que tener en cuenta que aquel o aquellos dispuestos a utilizar con fines ilícitos las posibilidades que plantea el movimiento *DIYBio* no le coartaría la existencia de licencias administrativas para alcanzar sus objetivos. Hecho que motiva la necesidad sin ninguna duda la necesidad de potenciar una conciencia ética entre los seguidores del movimiento *DIYBio*.

Existe la idea generalizada de que los espacios donde los *biohackers* desarrollan sus proyectos pueden servir de refugio para los bioterroristas que los utilicen como pantalla de sus verdaderas intenciones. Al objeto de evitar esta posibilidad/realidad en Estados Unidos se ha establecido una colaboración muy estrecha entre el FBI y los grupos de *biohackers* en el sentido de fortalecer el código ético anteriormente reseñado, así como

conocer cuáles son los riesgos asociados a prácticas ilícitas en aquellas instalaciones donde trabajan de forma colaborativa o independiente seguidores de esta filosofía⁵¹.

En relación a esta colaboración hay que tener en cuenta que el desarrollo y aplicaciones de los códigos de conducta lleva aparejado un mecanismo de autocontrol que previene este tipo de actividades desde todos los puntos de vista, fundamentalmente el de la bioseguridad, estableciendo la figura del comité de ética, del responsable de bioseguridad que controlan las líneas de investigación, los reactivos o el aparataje necesario para desarrollar los experimentos; o incluso solicitando la aprobación del proyecto a la organización que los agrupa para que les asesore en cuanto a las dudas planteadas en relación a la conveniencia o no de autorizar dicha investigación (DIYbio.org). Por otro lado, el trabajar en ambiente cooperativo bajo la premisa de la transparencia y del compromiso de divulgación de conocimientos dificulta en gran medida el posible desarrollo de «líneas de investigación» no controladas, ni conocidas por los otros miembros del grupo debido entre otras cosas a que la mayoría de los laboratorios carece de las necesarias medidas e instalaciones de bioseguridad. No obstante, es importante resaltar que se parte de la premisa de que haya individuos con intenciones espurias dentro de un grupo lícito, sin contar para nada con la posibilidad de que un individuo o grupo con las mismas intenciones pueda desarrollar un proyecto ilícito disimulado u oculto.

Es importante resaltar que no se puede descartar que el conocimiento cooperativo ayuda o puede colaborar con el mundo de la investigación formal debido a la especialización que algunos grupos de *biohackers* han alcanzado aprovechando campañas de *crowdfunding*⁵². Sin embargo, no se puede olvidar que esa democratización del conocimiento lleva aparejado que alguien pueda utilizar ese conocimiento para perseguir intereses oscuros. De ahí la necesidad de operar bajo supervisión para controlar las líneas de investigación establecidas y basadas, como se ha podido leer anteriormente, en principios éticos, motivo por el cual incluso se plantea la posibilidad de establecer redes de comunidades de *biohackers* donde potenciar los beneficios generados por el

51 SCROGGINS M. "DIYBIO and the "New FBI" Chapter 3. En: Biocoder DIY/BIO Quaterly Journal Fall 2013. (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://chimera.labs.oreilly.com/books/1230000000737/ch03.html>

52 OSSOLA A. "These Biohackers Are Creating Open-Source Insulin" Popular Science November 18, 2015 (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.popsoci.com/these-biohackers-are-making-open-source-insulin>

biohacking, hecho que provocará el desarrollo supervisado de un tejido científico que seguro generará beneficios futuros⁵³.

El caso alemán al que se hacía mención anteriormente, merece especial atención toda vez que ha sembrado dudas acerca de lo que sucede con el movimiento *DIYBio* en la realidad cotidiana, debido presumiblemente a la falta de control del mercado asociado a esta filosofía y por supuesto el potencial peligro de salud pública, así como de seguridad, que plantea interrogantes que han determinado que Alemania notificara públicamente las consecuencias que tendrá para los *biohackers* que trabajen con agentes biológicos. A la par que prohibió la importación emitió una alerta informando a los centros de enseñanza sobre los peligros que entrañaba manejar este supuesto agente sin las adecuadas condiciones de bioseguridad⁵⁴.

Esta situación viene generada de acuerdo a lo recogido por el Centro de Prevención y Control de Enfermedades europeo (ECDC) al aislamiento el 24 de marzo de 2017 de una cepa de *Escherichia coli* no patógena (grupo 1 de agentes biológicos) en un kit CRISPR producido en los Estados Unidos^{55,56}, cuando en realidad lo que se aisló fue un *E. coli* patógeno y por lo tanto incluida en el grupo 2⁵⁷. Esto hizo saltar todas las alarmas acerca de los agentes biológicos que se estaban utilizando por los diferentes grupos de seguidores de la filosofía *DIYBio*, en su descargo el «fabricante» del kit aduce que la forma en que se ha gestionado el asunto por parte de las autoridades alemanas no puede determinar que la responsabilidad sea de ellos, comprometiéndose a someterse a

53 LEE SM. "DNA Biohackers Are Giving The FDA A Headache With Glow-In-The-Dark Booze" 6/12/16 (accedido 10/06/17). Disponible en: https://www.buzzfeed.com/stephaniemlee/biohacking-booze?utm_term=.sqnKxNk0o#.wnrQjqZLe

54 CHARDRONNET E. "Germany launches a legal battle against the DIYbio CRISPR-Cas9 kit. 4. Makery" (web page). April 2017 (accedido 19/05/17). Disponible en: <http://www.makery.info/en/2017/04/04/lallemagne-lance-la-bataille-juridique-contre-le-kit-diybio-crispr-cas9-de-the-odin/>

55 THE ODIN. "DIY Bacterial Gene Engineering CRISPR Kit" [Internet]. 2017 (accedido 16/05/17). Disponible en: <http://www.the-odin.com/diy-crispr-kit/>

56 El kit contiene una máquina PCR, medios de cultivo, cepas bacterianas, así como otros consumibles necesarios para realizar los ensayos <http://www.the-odin.com/gene-engineering-kits/> y <http://www.the-odin.com/genetic-engineering-home-lab-kit/>

57 MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. "Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo". BOE núm. 124 de 24/05/1997 y Orden de 25 de marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. BOE núm. 176, de 30 de marzo de 1998:10637-10638.

nuevos controles ya que su programa de aseguramiento de la calidad hubiera detectado el problema⁵⁸.

Sea lo que sea lo que ha pasado el hallazgo de agentes biológicos patógenos multirresistentes (*Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter spp* y *Enterococcus faecalis*) en un kit que supuestamente contenía un agente no patógeno ha hecho que las autoridades alemanas adoptaran la decisión anteriormente descrita⁵⁹. No obstante, a pesar de la decisión alemana, las autoridades sanitarias europeas en su evaluación del riesgo consideran que el riesgo es muy limitado debido a la reducida distribución que tiene este tipo de kits.

Un ejemplo relacionado, pero desde una aproximación diferente, muestra la dimensión de los «problemas prácticos» asociados a la filosofía *DIYBio* en lo relativo a los problemas legales que conlleva la venta en Estados Unidos de una cerveza fluorescente⁶⁰, donde el problema no está en la fabricación de la cerveza a partir de una levadura modificada al que se le ha incluido un gen que hace que la cerveza emita fluorescencia^{61,62}, sino en la necesidad de registro por parte de las autoridades alimentarias (*Food and Drug Administration*) para que pueda venderse sin limitaciones⁶³.

España no es ajena al movimiento *DIYBio*, de hecho en la propia página web de la organización aparecen incluidos dos grupos de *biohackers* en España, uno de ellos en Albacete y el otro en Barcelona⁶⁴. A los que habría que añadir los 10 equipos universitarios que han participado en las diferentes ediciones de la IGEM desde 2003

58 Zainer J. Letter Written in response to accusations from the German (Bavarian) government that we are circulating harmful bacteria. March 27th 2017. (accedido 18/05/17) Disponible en: https://docs.google.com/document/d/1ZQI-bGaz8caz5fa_BmiYRtbEto54VKpmEaiQ_8invpM/edit

59 European Center for Disease Prevention and Control. Risk related to the use of 'do-it-yourself' CRISPR-associated gene engineering kit contaminated with pathogenic bacteria. 2 May 2017. ECDC: Stockholm; 2017 (accedido 15/05/17). Disponible en: http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/2-May-2017-RRA_CRISPR-kit-w-pathogenic-bacteria.pdf

60 La fluorescencia se obtiene al insertar a la levadura un gen de una medusa que expresa dicha propiedad.

61 HATIC D. "Make Your Own Glow-in-the-Dark Beer With Fluorescent Yeast" (Accedido 10/06/17). Disponible en: <https://www.eater.com/2016/12/8/13886320/glow-in-the-dark-beer-jellyfish-genetic-engineering>

62 THE ODIN "Genetically Engineer Any Brewing or Baking Yeast to Fluoresce" (accedido 10/06/17). Disponible en: <http://www.the-odin.com/genetically-engineer-any-brewing-or-baking-yeast-to-fluoresce/>

63 LEE SM. "DNA Biohackers Are Giving The FDA A Headache With Glow-In-The-Dark Booze" 06/12/16 (accedido 10/06/17). Disponible en: https://www.buzzfeed.com/stephaniemlee/biohacking-booze?utm_term=.fxeWLvaLE#.rcnBW0GWk

64 <https://www.facebook.com/groups/ABiohacking> y <http://www.diybcn.org/>

(Tabla 1)⁶⁵, así como otros equipos como los tres de Madrid integrados dentro de la red meetup que cuentan con 212 socios declarados según su página web: Madrid SmartDiyers Meetup (interesados en temas de robótica, electrónica, etc.), Biólogos interesados en el campo de la biología) y Open Lab Madrid (interesados en el mundo de la biotecnología y DIYBio).

Equipo		Campo de aplicación	Tipo de organización
Sevilla	Wiki	Foundational Advance	Collegiate
UAB-Barcelona	Wiki	Environment	Collegiate
UPF-CRG Barcelona	Wiki	Therapeutics	Collegiate
UPO-Sevilla	Wiki	New Application	Collegiate
UPO-Sevilla	Wiki	New Application	Collegiate
UPO-Sevilla	Wiki	Environment	Collegiate
Valencia	Wiki	Foundational Research	Collegiate
Valencia	Wiki		Collegiate
Valencia	Wiki	New Application	Collegiate
Valencia	Wiki	Food & Energy	Collegiate
Valencia	Wiki	Environment	Collegiate
Valencia	Wiki	Food & Energy	Collegiate
Valencia-CIPF	Wiki	Environment	Collegiate

⁶⁵ http://igem.org/Team_List?year=all

Valencia Biocampus	Wiki	New Application	Collegiate
Valencia Biocampus	Wiki	New Application	Collegiate
Valencia Biocampus	Wiki	Measurement	Collegiate
Valencia UPV	Wiki	Environment	Collegiate
Valencia UPV	Wiki	Information Processing	Collegiate
Valencia UPV	Wiki	Food & Nutrition	Collegiate
Valencia UPV	Wiki		Collegiate
Lleida-Spain	Wiki		Collegiate
Zizur Spain	Wiki		High School
UAB-Barcelona	Wiki	Environment	Collegiate

Tabla 1: Listado de equipos españoles participantes en IGEM desde 2003

La legislación española es muy restrictiva en todo lo relacionado con los organismos modificados genéticamente. De hecho la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente (OGM), y por el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de dicha Ley prohíbe la manipulación de OGM a instituciones o personas físicas que no dispongan de las autorizaciones pertinentes, con lo que sería necesario analizar desde un punto de vista administrativo-legal dónde y cómo desarrollan sus actividades los grupos *DIYBio*, y por supuesto si están incluidos dentro de esta Ley, por si estuvieran vulnerando el artículo 9 de la ley 9/2003, entre otros artículos, al no disponer de las autorizaciones administrativas necesarias para desarrollar su actividad ya que incluso «las actividades de utilización confinada de bajo riesgo estarán también

sujetas a autorización expresa cuando la Administración competente solicite al interesado mayor información que la aportada con su comunicación o que modifique las condiciones de la utilización confinada propuesta»^{66,67}.

Conclusiones

- Sea cual sea la idea que uno tiene sobre el movimiento *DIYBio* no se puede obviar la labor divulgativa educativa y social que preconiza, desmitificando la ciencia y por tanto acercando al gran público el mundo de la biotecnología, hecho que tiene especial relevancia para establecer de forma fundada un sentido de responsabilidad y conocimiento hacia la misma, evitando la generación de estados de alarma social injustificados ante noticias relacionadas con la biotecnología.
- El movimiento *DIYBio* ha venido para quedarse, motivo por el cual tenemos que entenderlo para potenciar sus capacidades y controlar las posibles desviaciones al espíritu de esta filosofía que algún individuo o grupo pudiera utilizar para alcanzar sus fines ilícitos, ya sea potenciando el comportamiento ético de los *biohackers*, ya sea controlando las actividades ilegales que pudieran llegar a desarrollar.
- El desarrollo de la biología sintética y su expresión en el movimiento *DIYBio* hace necesario establecer los mecanismos de control al objeto de conocer qué y dónde se está trabajando.
- La simplificación de las técnicas de biología molecular y la democratización del conocimiento ha abierto la puerta a la obtención de agentes biológicos modificados o quimeras cuya liberación podría tener como poco consecuencias imprevisibles.
 - o El desarrollo y optimización de la tecnología CRISPR, así como otras técnicas biotecnológicas, podría llegar a permitir obtener un agente biológico al que se le hubiera modificado algunas de sus características, ya fuera alterando su sensibilidad antibiótica, es decir, aumentando su resistencia a los antibióticos,

66 Jefatura del Estado "Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente". BOE núm. 100, de 26 de abril de 2003:16214-16223.

67 Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente. BOE núm. 27, de 31 de enero de 2004:4171-4216.

modificando su virulencia o su infectividad o incluso haciéndolos más resistentes a las condiciones ambientales y de esta manera convertirse si fuera diseminado en un evento de salud pública.

- Las técnicas de biología molecular no solo permiten modificar bacterias, sino que se pueden modificar genéticamente virus, hongos, rickettsias o clamidias, entre otros agentes biológicos.
- Debido a la posibilidad remota de que algún individuo o grupo seguidor de la filosofía *DIYBio* pudiera utilizar este tipo de técnicas de modificación/transformación genética parecería razonable establecer las siguientes acciones preventivas:
 - Potenciar las interacciones e interrelaciones entre los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad y los grupos *DIYBio* establecidos en aras a la transparencia y el cumplimiento de la legislación vigente.
 - Colaboración más estrecha y conocimiento de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad de las actividades realizadas por parte de los grupos de los *biohackers*.
 - Evaluar la posibilidad de establecer un control más estrecho de las actividades realizadas por los grupos de *biohackers* a merced del establecimiento de un registro donde se incluyan las líneas de trabajo establecidas a disposición de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad.
 - Realizar un seguimiento de estos individuos o grupos, ya fuera mediante el análisis de las actividades realizadas o mediante la adquisición de materiales o equipos utilizados.
 - Parece razonable establecer, si así se considerara, la implantación del certificado de usuario final en aquellos productos comerciales, equipamiento, consumibles o cualquier otro relacionados con la transferencia/recombinación genética, entre otras técnicas. Así como fortalecer los controles de importación de materiales, equipos, consumibles, agentes biológicos, etc. relacionados con la biotecnología en general, y la biología sintética en particular.

- Un control indirecto de actividades ilícitas, teniendo en cuenta las posibilidades legales de poder realizarlo, sería el establecimiento de un catálogo mínimo de equipamiento de laboratorio y consumibles para conocer dónde, cómo y quién está trabajando en aspectos relacionados con la biotecnología.
- Actualizar el marco legislativo, en el caso de que así sea considerado, a la realidad del desarrollo del movimiento *DIYBio*.
- A pesar de lo expresado anteriormente no conviene magnificar la amenaza toda vez que la obtención de este tipo de agentes no conllevaría una amenaza a la salud pública debido a la fortaleza de nuestro sistema sanitario, ya que el salto cualitativo de la producción a pequeña escala a la producción industrial en este escenario conlleva grandes retos tecnológicos que incluso los estados con todas sus capacidades no han sido capaces de alcanzar.
-

*Alberto Cique Moya**
Tcol. Veterinario
Dirección de Sanidad - ET

***NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos de Opinión* son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.