

**Reunión de los Estados Partes en la Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (biológicas) y tóxicas y sobre su destrucción**

19 de agosto de 2013

Español

Original: inglés

**Reunión de 2013**

Ginebra, 9 a 13 de diciembre de 2013

**Reunión de Expertos**

Ginebra, 12 a 16 de agosto de 2013

Tema 6 del programa provisional

**Tema permanente del programa: examen de los adelantos en la esfera de la ciencia y la tecnología relacionados con la Convención**

**Adelantos científicos y tecnológicos relacionados con la Convención**

**Documento informativo presentado por la Dependencia de Apoyo a la Aplicación**

*Resumen*

La Séptima Conferencia de Examen decidió que el programa entre períodos de sesiones de 2012 a 2015 incluiría un tema permanente del programa sobre el examen de los adelantos en la esfera de la ciencia y la tecnología relacionados con la Convención. El presente documento amplía y actualiza el contenido del documento informativo sobre los adelantos científicos y tecnológicos que podrían tener beneficios para la Convención preparado para la Reunión de Expertos de 2012 (BWC/MSP/2012/MX/INF.3), y actualiza la reseña sobre los adelantos en tecnología instrumental que tuvo ante sí la Reunión de Expertos de 2012 (BWC/MSP/2012/MX/INF.1). El presente documento describe además las disposiciones adoptadas por la Dependencia de Apoyo a la Aplicación (DAA) para facilitar a los Estados partes tanta información como sea posible sobre los adelantos científicos y tecnológicos de interés.

## I. Adelantos científicos y tecnológicos

### A. Introducción

1. La Séptima Conferencia de Examen decidió que los siguientes asuntos serían tratados en el tema permanente del programa sobre el examen de los adelantos en la esfera de la ciencia y la tecnología relacionados con la Convención:

"a) Nuevos adelantos científicos y tecnológicos cuya utilización podría contravenir las disposiciones de la Convención;

b) Nuevos adelantos científicos y tecnológicos que podrían tener beneficios para la Convención, incluidos los de especial interés para la vigilancia, el diagnóstico y la mitigación de enfermedades;

c) Posibles medidas para el fortalecimiento de la gestión nacional de los riesgos biológicos, según proceda, en la investigación y el desarrollo de nuevos adelantos científicos y tecnológicos de interés para la Convención;

d) Códigos de conducta voluntarios y otras medidas para fomentar una conducta responsable de los científicos, las instituciones académicas y la industria;

e) Educación y sensibilización sobre los riesgos y beneficios de las ciencias de la vida y la biotecnología;

f) Adelantos científicos y tecnológicos que guarden relación con las actividades de organizaciones multilaterales como la OMS, la OIE, la FAO, la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria y la OPAQ;

g) Cualesquiera otros adelantos científicos y tecnológicos de interés para la Convención<sup>1</sup>."

2. La Séptima Conferencia de Examen también decidió que los siguientes temas científicos de actualidad se examinarían en los años indicados:

"a) Adelantos en tecnologías instrumentales, incluidos los sistemas de alto rendimiento para la secuenciación, síntesis y análisis del ADN; la bioinformática y las herramientas computacionales; y los sistemas biológicos (que se examinarán en 2012);

b) Adelantos en tecnologías para la vigilancia, la detección, el diagnóstico y la mitigación de las enfermedades infecciosas y los fenómenos análogos causados por toxinas en los seres humanos, los animales y las plantas (que se examinarán en 2013);

c) Adelantos en la comprensión de la patogenicidad, la virulencia, la toxicología, la inmunología y otras cuestiones conexas (que se examinarán en 2014);

d) Adelantos en las tecnologías de producción y dispersión de agentes biológicos y toxinas y de los vectores de estos (que se examinarán en 2015)<sup>2</sup>."

3. En el presente documento informativo se reseñan:

a) Los adelantos en la manera de hacer frente a las enfermedades, con una puesta al día de la información de fondo facilitada en 2012 sobre los adelantos que podrían tener beneficios para la Convención (BWC/MSP/2012/MX/INF.3);

b) Los adelantos en las tecnologías instrumentales, con una puesta al día de la información de fondo facilitada en 2012 (BWC/MSP/2012/MX/INF.1); y

---

<sup>1</sup> BWC/CONF.VII/7, parte III, párr. 22.

<sup>2</sup> BWC/CONF.VII/7, parte III, párr. 23.

c) Las disposiciones adoptadas por la DAA para recabar y facilitar a los Estados partes, de manera más frecuente y con actualizaciones continuas, información sobre los adelantos científicos y tecnológicos de interés.

## **B. Tendencias generales y adelantos en los aspectos fundamentales de las ciencias de la vida**

4. En el documento informativo sobre los adelantos científicos y tecnológicos elaborado para la Séptima Conferencia de Examen<sup>3</sup> se señalaban seis tendencias: la convergencia entre disciplinas; el mayor conocimiento de los principios y mecanismos subyacentes de las ciencias de la vida; un cambio en las esferas de interés prioritario de la biotecnología comercial; una mayor distribución geográfica de la capacidad; la ciencia abierta; y los medios de comunicación, las percepciones y las interacciones con la sociedad. Siguen surgiendo nuevos datos sobre estas tendencias, por ejemplo en relación con la creciente distribución geográfica de la capacidad<sup>4</sup>. A principios de 2012 también se habían publicado datos según los cuales la inversión en investigación y desarrollo en algunas partes de Asia se ha triplicado en los últimos 15 años, al igual que el número de artículos publicados en revistas especializadas en ciencia e ingeniería<sup>5</sup>. También hay datos que revelan un aumento drástico del número de personas de la región que obtienen un título universitario en alguna de las ciencias naturales.

5. Otra tendencia observada es un aumento de la colaboración para trabajos de investigación. A medida que la biología se hace más dependiente de tecnologías avanzadas, los científicos tienen que colaborar más estrechamente para acceder al "arsenal de instrumental sofisticado que ningún laboratorio puede permitirse por sí solo"<sup>6</sup>. En Europa, por ejemplo, este tipo de colaboración en el terreno de la biología estructural se está formalizando en la red "Instruct", que permite compartir recursos de manera más sistemática.

6. En el documento informativo elaborado para la Séptima Conferencia de Examen también se enumeraban una serie de adelantos en los aspectos fundamentales de las ciencias de la vida. Desde entonces se han producido varias novedades importantes en este ámbito, entre otras:

a) Se ha establecido que los factores de transcripción muestran una gama de comportamientos de unión más variada de lo que antes se creía, por lo que no puede decirse sin más que un gen esté "activado" o "desactivado";

b) Se ha establecido la importancia funcional del ADN no codificante y su papel en la diferenciación entre primates;

c) Se ha determinado que la gama de estructuras celulares es mucho más amplia de lo que antes se creía;

d) Recurriendo a la cristalografía de rayos x se han revelado los detalles mecánicos del proceso de replicación del ADN por la ADN polimerasa;

e) Se conoce mejor la manera en que las moléculas largas de ARN regulan los genes;

<sup>3</sup> BWC/CONF.VII/INF.3 y adiciones.

<sup>4</sup> Rezaie *et al.*, "Innovative drugs and vaccines in China, India and Brazil", *Nature Biotechnology*, vol. 30, N° 10, octubre de 2012, véase: <http://www.nature.com/nbt/journal/v30/n10/full/nbt.2380.html>.

<sup>5</sup> Reich, "Research in Asia heats up", *Nature*, vol. 481, 26 de enero de 2012, véase: <http://www.nature.com/news/research-in-asia-heats-up-1.9885>.

<sup>6</sup> Callaway, "Structural biologists share their toys", *Nature*, vol. 483, 1 de marzo de 2012, véase: <http://www.nature.com/news/structural-biologists-share-their-toys-1.10122>.

f) Se han encontrado nuevas pruebas de que ciertas funciones biológicas, como la fotosíntesis, dependen de fenómenos cuánticos; y

g) Se han desarrollado herramientas y técnicas que permiten estudiar la forma en que la organización de los genes en un espacio tridimensional repercute en su función y sus efectos, incluidas las interacciones entre cromosomas.

## II. Adelantos en la manera de hacer frente a las enfermedades

### A. Mecanismos de la enfermedad

7. Se han producido adelantos de carácter muy diverso que han permitido entender mejor los mecanismos de la enfermedad. Estos adelantos se refieren en particular a: la identificación de enfermedades nuevas, emergentes o reemergentes; el funcionamiento de un sistema inmunitario sano; las interacciones entre patógenos y huéspedes; el funcionamiento de las enfermedades causadas por priones; los efectos de un microbioma sano; la forma de trabajar con patógenos incultivables; la utilización de datos existentes sobre la salud; y las cuestiones relacionadas con la transferencia genética horizontal.

### B. Detección

8. Se está produciendo una serie de adelantos que contribuirán a detectar un brote infeccioso en curso, entre otras cosas: el uso de nanoestructuras de ADN para organizar cascadas enzimáticas que podrían posibilitar la creación de nuevos instrumentos analíticos para el diagnóstico médico y la vigilancia ambiental; las mejoras en los sistemas de sensores integrados para detectar bacterias dañinas e indeseables; y el desarrollo de metodologías para distinguir entre los agentes biológicos que podrían servir de arma y sus parientes genéticos.

9. Se han producido adelantos que contribuyen al seguimiento de un agente patógeno, a la vigilancia de enfermedades y a la labor epidemiológica, entre ellos:

a) Se han hallado pruebas que vinculan la existencia de un sistema robusto de vigilancia de las enfermedades, como aquellos en los que se combina una capacidad nacional humana y de diagnóstico bien desarrolladas con un mecanismo internacional de transmisión de información, con la mitigación de las consecuencias de los brotes de enfermedad importantes;

b) Se han hallado nuevos cauces para el seguimiento de enfermedades prácticamente en tiempo real tras haberse demostrado la correlación entre la actividad en Internet, como la asociada a la página Evolución de la gripe en Google, y los indicadores clínicos de la enfermedad en los hospitales;

c) Se han empezado a utilizar nuevas técnicas de epidemiología molecular para investigar los brotes de enfermedades;

d) Han surgido nuevos enfoques epidemiológicos de base genómica, que aprovechan directamente las tecnologías instrumentales examinadas en 2012, para investigar y gestionar los brotes de enfermedad y para efectuar un seguimiento en tiempo real de las enfermedades;

e) Se han publicado estudios de casos reales sobre la utilidad de la epidemiología genómica en brotes de *Escherichia coli* O104, la *Klebsiella pneumoniae* resistente a los antibióticos, un nuevo coronavirus y el *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina; y

f) Se ha revisado a fondo la manera en que se dibujan los mapas mundiales de los brotes de enfermedad y se han formulado propuestas para mejorar rápidamente las capacidades necesarias.

10. Se han logrado adelantos en relación con las plataformas capaces de detectar la enfermedad antes de que los síntomas se manifiesten, gracias, entre otras cosas, a sensores que generan una señal mayor cuando la concentración de la molécula buscada es menor, y a la identificación de firmas de expresión génica que se corresponden con una infección vírica o bacteriana.

### **C. Diagnóstico**

11. Se han producido adelantos en la producción de instrumental asequible y portátil para diagnosticar enfermedades, mediante, entre otras cosas, la adaptación de tecnologías láser existentes para obtener microscopios de barrido láser a bajo costo y asequibles con los que realizar análisis hematológicos y obtener imágenes de células.

12. Se han logrado adelantos que permiten un mejor diagnóstico en el lugar de consulta, entre otras cosas para distinguir mejor entre infecciones víricas o bacterianas, lo cual hace posible un tratamiento más específico. Además, ha mejorado la tecnología asociada a los polímeros empleados para fabricar los kits de las pruebas de detección; se han creado kits para la detección de determinadas enfermedades, como la infección por H5N1; y se ha avanzado hacia la puesta en práctica de tecnologías que permiten reunir en un solo dispositivo las funciones de un laboratorio (*lab-on-a-chip*).

13. Ha habido adelantos que ayudarán a acelerar el diagnóstico, entre ellos: las mejoras en la utilización de la secuenciación para identificar patógenos bacterianos; nuevas metodologías para utilizar tecnologías instrumentales existentes, algunas de ellas examinadas en 2012, para detectar y cuantificar patógenos víricos; el desarrollo de chips de detección nanotecnológicos que permiten separar y concentrar determinadas proteínas a partir de muestras biológicas complejas; la utilización de enfoques metagenómicos para identificar patógenos sin necesidad de cultivarlos; la utilización de la diagnosis molecular para identificar factores que podrían influir en la eficacia de los medicamentos; las iniciativas para elaborar bases de datos con códigos de barras para enfermedades víricas que permitan identificar las mutaciones nuevas; y el desarrollo de herramientas informáticas para identificar patógenos a partir de datos de secuencias, entre otras cosas para la identificación de patógenos de transmisión alimentaria.

14. Se han producido adelantos que hacen posible diagnosticar enfermedades con mayor exactitud, entre otras cosas recurriendo a la secuenciación del genoma completo.

### **D. Prevención y profilaxis**

15. Se han producido avances en el desarrollo de nuevas vacunas, como la obtención de vacunas conjugadas más avanzadas y de una vacuna sintética totalmente nueva contra la fiebre aftosa. Se ha producido toda una serie de adelantos en el desarrollo de vacunas contra la intoxicación, especialmente en lo que respecta a la ricina, en particular: el diseño de estrategias de vacunación activa y pasiva; el hallazgo de firmes candidatos para la obtención de anticuerpos monoclonales humanizados que pueden servir para fines profilácticos y terapéuticos; y nuevas vacunas recombinantes subunitarias.

16. Se han producido adelantos que podrían permitir la formulación de nuevos enfoques para prevenir la enfermedad. Se trata en particular de: la identificación de procesos bacterianos que perturban las biopelículas asociadas a la patogenicidad y a la resistencia a los antimicrobianos, y el reconocimiento de la importancia de los aspectos sociales y

relacionados con la conducta para la generalización de ciertas intervenciones asistenciales que son importantes pero que a menudo no se utilizan.

17. Ciertos adelantos podrían impulsar la producción de vacunas y profilácticos. Se trata, entre otros, del cultivo de vacunas contra la gripe en células de insectos y de los planes para distribuir mejor la capacidad productiva.

18. Se han producido adelantos referidos a la administración de vacunas y agentes profilácticos, en particular: la creación de nuevos parches con microagujas; los avances logrados en la utilización de armazones de ADN para crear nanoestructuras individualizadas que aumentan la asimilación de los medicamentos; se ha avanzado hacia la creación de jaulas proteicas autoensamblantes que podrían utilizarse para administrar medicamentos; el uso de proteínas de seda para reducir la necesidad de refrigerar ciertos medicamentos; y el desarrollo de nanopartículas para los medicamentos difíciles de administrar y de nanopartículas aptas para la inhalación. Muchos de estos adelantos también son aplicables a la administración de agentes terapéuticos.

## **E. Terapéutica**

19. Entre los adelantos relacionados con los nuevos antibióticos figuran un mejor conocimiento de las señales interbacterianas y de su papel en la supervivencia de las bacterias ante la exposición a antibióticos. En cuanto a los adelantos relativos a la terapia antiviral, cabe citar el hallazgo de pruebas de una nueva resistencia a antivirales existentes pero la persistencia de sensibilidad a un medicamento candidato. Los adelantos de la terapéutica en la lucha contra las toxinas incluyen: un firme candidato para la obtención de un anticuerpo monoclonal humanizado con el que tratar la exposición a la ricina; y un nuevo antitoxínico para hacer frente a la toxina botulínica. Entre los adelantos relativos a las terapias contra los priones figura la identificación de medicamentos existentes que muestran una actividad antipriónica.

20. Se ha producido adelantos en la formulación de nuevos enfoques para el tratamiento de las enfermedades, entre ellos: la identificación de una sustancia química que bloquea los mecanismos de bombeo que ciertas bacterias utilizan para deshacerse de los antibióticos, de modo que algunas bacterias resistentes vuelven a ser sensibles; terapias que impiden las respuestas inflamatorias causadas en el huésped por ciertos patógenos; la utilización de bacterias para controlar vectores asociados a enfermedades; el perfeccionamiento de modelos y de enfoques computacionales para predecir los efectos de un medicamento y las interacciones entre medicamentos; un conocimiento más profundo de las interacciones entre los agentes terapéuticos y la expresión génica que repercuten en la eficacia de los medicamentos; y la obtención de considerables avances en la terapia génica, entre ellos la aprobación por la Unión Europea de la comercialización del primer medicamento para la terapia génica y los trabajos de investigación que demuestran la posibilidad de utilizar linfocitos T modificados por ingeniería genética para combatir tumores.

21. Se ha adelantado en la identificación de agentes terapéuticos falsificados, entre otras cosas gracias a la producción de un detector portátil.

22. Ha mejorado el conocimiento sobre la resistencia a los agentes terapéuticos, entre otras cosas gracias a: la identificación de tres subpoblaciones del parásito causante de la malaria *Plasmodium falciparum* que son resistentes a la artemisinina; la caracterización del surgimiento, la evolución y la propagación mundial de la resistencia a la meticilina en el *Staphylococcus aureus*; los indicios de cómo se desarrolló la resistencia a la vancomicina en el *Staphylococcus aureus*; el papel de las biopelículas en la promoción de la transferencia horizontal de la resistencia a los antibióticos; y los indicios de que desarrollar una resistencia a los agentes terapéuticos, incluso a algunos que todavía se encuentran en

fase de desarrollo, también podría conferir resistencia a ciertos aspectos del sistema inmunitario innato.

## **F. Capacidad de respuesta**

23. Se han producido adelantos referidos a la restricción de la propagación de un brote de enfermedad, entre ellos: pruebas de que el mal funcionamiento, o la inexistencia, de las infraestructuras de la salud pública es el principal factor causante de los brotes de enfermedad y que "hay una falta de correspondencia entre los factores causantes de los episodios que afectan a la salud pública y la tendencia actual del gasto en salud pública y en prevención de pandemias"<sup>7</sup>; un conocimiento más profundo de la transmisión por aerosoles de ciertas enfermedades, como la gripe, y del efecto de usar máscaras quirúrgicas; y una mejor comprensión de la eficacia de la cuarentena como estrategia de control.

24. Se han logrado adelantos en la descontaminación y limpieza tras un brote de enfermedad, como las evaluaciones realizadas a nivel de laboratorio sobre la limpieza de superficies exteriores contaminadas con esporas de *Bacillus anthracis*.

25. Entre los adelantos que podrían aumentar la eficacia de las respuestas a los brotes de enfermedad figuran: estudios sobre las estrategias de control, existencias de medicamentos y desarrollo de vacunas durante brotes pasados de los virus de la gripe H5N1, H1N1 y H7N9 entre otros; evaluaciones sobre la eficacia de diferentes tipos de intervenciones con respecto a sus costos; la aplicación de técnicas matemáticas desarrolladas para el sector bancario y de las inversiones con el fin de establecer a quién tratar y con qué medios; y trabajos de investigación que ayudan a atribuir prioridades a los riesgos e incertidumbres asociados a un ataque con armas biológicas.

## **III. Adelantos en las tecnologías instrumentales**

### **A. Caracterización de redes y sistemas biológicos**

26. Se han producido adelantos en el terreno de la genómica, entre otros: la normalización de prácticas, como las relativas a la utilización de datos cuantitativos de la reacción en cadena de la polimerasa en la publicación de investigaciones; la elaboración de las directrices correspondientes para, por ejemplo, realizar estudios de asociación en todo un genoma; la obtención de avances tecnológicos paralelos que mejoran la exactitud con que se describe la información pertinente y los contextos en que se encuentra; la identificación de factores adicionales que influyen en la genómica, como la importancia de la topografía tridimensional; y la utilización de enfoques de la genómica para identificar funciones nuevas, como las relacionadas con la capacidad de infección de los patógenos y su entrada en las células.

27. Entre los adelantos relacionados con la transcriptómica figuran: la aplicación de nuevos enfoques analíticos, por ejemplo para el análisis diferencial, con el fin de superar las complicaciones para distinguir entre las señales y el ruido de fondo; y la utilización de redes neuronales artificiales situadas en "la nube" para encontrar pautas en los perfiles de expresión génica con el fin de diagnosticar enfermedades, como el cáncer.

---

<sup>7</sup> Tiffany L. Bogich y otros, Preventing Pandemics Via International Development: A Systems Approach, PLOS Medicine, vol. 9, N° 12, diciembre de 2012, véase: <http://www.plosmedicine.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pmed.1001354>.

28. Los adelantos en la esfera de la proteómica incluyen: la puesta en marcha del Proyecto del Proteoma Humano Centrado en los Cromosomas, que ya ha dado como resultado, por ejemplo, un mapa preliminar del proteoma del cromosoma 8, y otra información sobre proteínas del cromosoma 4 relacionadas con alguna enfermedad; el establecimiento de una hoja de ruta para el desarrollo de tecnologías clave para aumentar la capacidad relacionada con la proteómica; así como nuevos enfoques de alto rendimiento que combinan la proteómica cuantitativa y la cromatografía de exclusión por tamaños para medir las interacciones temporales.

29. Uno de los adelantos en la metabolómica es la obtención de mejores datos de referencia sobre linajes de ratones modificados por ingeniería genética que permiten una mejor evaluación de características y alteraciones metabólicas complejas.

30. Ha habido adelantos en el terreno de la epigenética, que se ocupa de los cambios hereditarios en la expresión génica que no conllevan una alteración de la secuencia del ADN, entre otros la elaboración de nuevas estrategias experimentales para investigar su funcionamiento en un organismo sano y las relaciones con la enfermedad.

## **B. Manipulación de sistemas y redes biológicos**

31. Se han producido avances en la tecnología relacionada con la interferencia por ARN (RNAi), entre los que figuran: una mejor comprensión de su funcionamiento; una reducción de los efectos inespecíficos (*off-target*); mejoras en las técnicas de administración basadas en polímeros; mejores métodos de cribado por medio de ARN en horquilla corta (shRNA); mejoras en la purificación; uso de nanoesferas para mejorar la entrada en la célula; nuevas técnicas de producción, incluida la producción en bacterias; e importantes inversiones realizadas por empresas biotecnológicas dedicadas al sector agrícola.

32. Se han producido adelantos relacionados con las nucleasas con dedos de zinc (ZFN), entre los que figuran la aparición de servicios individualizados que ofrecen productos elaborados expresamente para líneas celulares de seres humanos, ratas y ratones y otros animales; la creación de líneas celulares adaptadas al uso por la industria biofarmacéutica en el desarrollo de productos; y la obtención de datos prometedores sobre el uso de ZFN con fines terapéuticos para enfermedades infecciosas como el VIH/SIDA.

33. También se han identificado nucleasas efectoras tipo activador de transcripción (TALENS) que reconocen y cortan secuencias concretas. Las TALENS se unen a nucleótidos individuales, lo cual permite su uso en cualquier lugar del genoma. Son más baratas de producir que las ZFN, pero persisten las dificultades para obtener niveles de expresión elevados. Entre las novedades recientes figuran la aplicación de la tecnología asociada a las TALENS al desarrollo de agentes terapéuticos, y la publicación de un método de construcción de alto rendimiento. Las aplicaciones de las TALENS que se han identificado incluyen: la mejor caracterización de los organismos modelo; el mejoramiento de plantas y especies ganaderas importantes; la modelización de enfermedades en células; y su uso para fines terapéuticos.

34. Las bacterias utilizan repeticiones palindrómicas cortas regularmente dispuestas en forma de matriz (CRISPR) de ARN para guiar el silenciamiento de un ácido nucleico invasor. Seguidamente, se sirven de la proteína 9 asociada a las CRISPR (CAS-9) para cortar el ADN invasor. Un trabajo publicado en agosto de 2012 señaló la posibilidad de utilizar este sistema para la edición genómica programable. Dos trabajos, uno publicado en enero de 2013 y otro en febrero de 2013, dilucidaron cómo hacer efectiva dicha posibilidad. Entre ambos se demostraba que este método de edición genómica afectaba únicamente a la secuencia en cuestión, podía utilizarse en diversos tipos de célula, y era sencillo, robusto y multiplexable. Otros trabajos de investigación adaptaron el sistema a las células humanas y

de ratones, demostraron que las alteraciones en emplazamientos no deseados eran mínimas y lo utilizaron para facilitar la reparación de recombinación homóloga. Un trabajo posterior ilustró cómo adaptar el sistema a las levaduras y señaló que la tasa de recombinación rozaba el 100%. Este sistema se encuentra aún en sus primeras fases de desarrollo, pero es más específico y barato que las ZNF y más eficiente que las TALENS.

35. También se han introducido mejoras en otras herramientas de edición genómica, como la tecnología GENESIS, que utiliza virus adenoasociados recombinantes, y las herramientas de edición basadas en el ARN.

### C. Ingeniería de redes y sistemas biológicos

36. Se han producido adelantos que demuestran la creciente sofisticación de la biología sintética. Entre ellos figuran: la creación de biocombustibles sintéticos que imitan las características de los combustibles fósiles utilizados actualmente; un mejor conocimiento de los mecanismos implicados en la transición de células individuales a colonias; la aplicación a los animales de enfoques de la biología sintética; ejemplos de la aplicación refinada de principios de ingeniería; y los indicios de que pronto será posible "reiniciar" un chasis sintético con un genoma sintético para crear el primer organismo totalmente sintético. El movimiento de ciencia ciudadana también está empezando a utilizar enfoques de la biología sintética. Por ejemplo, hay en marcha un proyecto de colaboración abierta (*crowdsourcing*) que intenta crear una versión de la planta del género *Arabidopsis* que brille en la oscuridad.

37. En un inventario reciente de los productos existentes y posibles de la biología sintética, elaborado por el Proyecto de la Biología Sintética, figuran 68 productos en fase de desarrollo<sup>8</sup>. Se espera que la mitad de estos productos se materialicen en el corto a mediano plazo. Estos productos se engloban en esferas como los biocombustibles, las sustancias químicas (a granel y derivadas de la química fina), los materiales, los alimentos, los alimentos para animales y la medicina. Asimismo, en el inventario figuran diez proyectos de estudiantes que podrían tener una aplicación comercial.

38. También hay importantes indicadores de que la biología sintética puede tener aplicaciones industriales, entre otros: la producción industrial de artemisina y de biocombustibles sintéticos, y el número creciente de empresas que tienen instalaciones de demostración para la producción industrial de biocombustibles sintéticos.

39. Se han logrado avances en materia de protocolos, entre otros: una nueva metodología para el ensamblaje automatizable y de alto rendimiento de componentes biológicos normalizados; el desarrollo de una nueva plataforma de ingeniería genética normalizada, intercambiable y basada en módulos; y se han puesto en circulación kits de componentes modulares para que los alumnos de la enseñanza secundaria y postsecundaria, y los ciudadanos interesados, puedan experimentar con material genético. En cuanto a los adelantos en la esfera de las herramientas de diseño, cabe citar el paquete Archetype, desarrollado por Synthetic Genomics, que permite almacenar, gestionar y analizar datos biológicos de secuencias. Se desarrolló para uso interno, y se utilizó para una gran parte de la labor realizada en los últimos años por Synthetic Genomics, que ahora pone esta herramienta a disposición de los demás.

40. Se han producido adelantos en lo que respecta a los chasis, incluida la creación de una cápside vírica totalmente sintética para la fiebre aftosa que ha servido para obtener una nueva vacuna. Una gran parte de la labor realizada en el pasado se centró en los chasis bacterianos, los cuales, a pesar de constituir una herramienta de investigación útil, presentan limitaciones

<sup>8</sup> [http://www.synbioproject.org/process/assets/files/6631/\\_draft/synbio\\_applications\\_wwics.pdf](http://www.synbioproject.org/process/assets/files/6631/_draft/synbio_applications_wwics.pdf).

para la construcción de ciertas estructuras presentes en las eucariotas y a menudo no están optimizados para la producción a gran escala. Se ha producido una serie de adelantos en la utilización de levaduras, en lugar de bacterias, como chasis, en particular: el desarrollo de un marco para programar factores de transcripción eucarióticos con el fin de facilitar el diseño de circuitos sintéticos en levaduras; un método para transferir genomas completos de una bacteria a una levadura; y avances en la caracterización de cepas de la levadura de fisión de genoma reducido. Más destacables resultan quizá los avances logrados en el marco del proyecto de colaboración internacional dedicado a la obtención de un genoma sintético de levadura<sup>9</sup>. La primera reunión internacional de coordinación tuvo lugar en abril de 2013 en China. La segunda reunión de coordinación se celebrará en julio de 2013 en el Reino Unido.

41. Los adelantos en materia de componentes incluyen: la creación de bioequivalentes de las puertas lógicas AND, NAND, OR, XOR, NOR y XNOR; la creación de bioequivalentes de las puertas lógicas NOT, AND, NAND y N-IMPLY; y la obtención de ARN reguladores sintéticos.

42. Los adelantos en materia de contención del material genético presente en los productos obtenidos por ingeniería incluyen: la determinación del papel que desempeña un microbioma intestinal sano en los seres humanos, y los efectos de la inflamación en la transferencia horizontal de genes en el intestino.

43. Ha habido adelantos en la manera de hacer frente al dinamismo y el ruido inherentes a la biología, entre otros: los trabajos destinados a compartimentar vías metabólicas en los orgánulos; la demostración de que en las levaduras dicha compartimentación puede dar lugar a un aumento del rendimiento; y la mayor capacidad de controlar la expresión de un gen en numerosas generaciones con exactitud cuantitativa.

44. A partir de trabajos anteriores relativos al diseño de enzimas, que generaron una cierta capacidad de diseño *de novo* y de remodelado, se han producido adelantos en el desarrollo de enfoques iterativos para el diseño computacional y en la capacidad de diseñar cavidades específicas en las proteínas para la catálisis. En una reseña de biocatalizadores diseñados publicada en Nature en mayo de 2012 se enumeraban 20 enzimas desarrolladas por la industria farmacéutica, entre las que figuraban cetorreductasas, transaminasas, hidrolasas, enzimas oxidativas y aldolasas<sup>10</sup>.

45. Se han logrado adelantos en el diseño de estructuras, en particular: el diseño computacional de nanoestructuras autoensamblantes de base proteica; se ha perfeccionado el control del plegado tridimensional para crear estructuras autoformantes complicadas, como el tetraedro; se han creado y utilizado motores moleculares, por ejemplo para controlar el espacio quiral en una reacción catalítica; y se han desarrollado máquinas moleculares diseñadas para imitar funciones biológicas, como la síntesis de péptidos atendiendo a una secuencia específica.

46. En un trabajo reciente donde se examinaban las consideraciones de bioseguridad en la Competición Internacional sobre Máquinas Obtenidas por Ingeniería Genética (iGEM, una competición universitaria de biología sintética) se observó "un aumento del número de equipos que informan sobre aspectos ligados a la seguridad y una mejoría general en la evaluación de la seguridad de sus proyectos". En 2013, el comité de seguridad de la iGEM, que también se ocupa de las cuestiones relacionadas con la biocustodia, revisó el proceso de seguridad y custodia que deben seguir los participantes. Ahora, todos los equipos deben suministrar información básica sobre la seguridad. Todo proyecto que requiera precauciones que vayan más allá de las medidas de seguridad más básicas será objeto de un examen más minucioso. Todo proyecto cuyos problemas de seguridad no se hayan resuelto tras el

---

<sup>9</sup> <http://syntheticyeast.org>.

<sup>10</sup> <http://www.nature.com/nature/journal/v485/n7397/full/nature11117.html>.

segundo examen será sometido a una inspección aún más detenida. Todos los proyectos deberán ser aprobados por el comité de seguridad antes de que puedan ponerse en marcha.

#### **D. Recopilación y manipulación de la información biológica**

47. Se han producido adelantos en la bioinformática y la biología computacional, entre otras cosas: en el desarrollo de herramientas y la identificación de carencias para analizar conjuntos de datos muy voluminosos; nuevos algoritmos para buscar secuencias génicas en bases de datos de genomas; y la mayor probabilidad de obtener falsos positivos a medida que se generan más datos.

48. Entre los adelantos en materia de modelización y simulación cabe citar: la creación del primer modelo computacional de una célula completa, en este caso la de un patógeno humano, que permite predecir las manifestaciones físicas de una manipulación genética; y la creación de un modelo computacional para predecir posibles efectos secundarios.

49. Los adelantos en el ámbito de los programas informáticos y las herramientas incluyen la creación de herramientas de criba que permiten alinear mejor los datos de secuencias con sus organismos de origen. Esto también debería redundar en beneficio de la labor destinada a cribar secuencias de genes sintetizadas con fines comerciales.

#### **E. Conversión de la información biológica en datos digitales y viceversa**

50. Los adelantos en la tecnología de secuenciación incluyen los siguientes: la solución a los problemas que impedían la puesta en circulación de los secuenciadores USB MinION de que se habló en el examen de 2012; la aparición de herramientas para la detección, en genoma completo, de variaciones de un único nucleótido y del número de copias en una única célula humana; las mejoras en la compilación de datos de secuencias en bruto para generar genomas completos; y los métodos para secuenciar el ARN directamente. Se han emprendido trabajos para comparar las tecnologías de secuenciación punteras. También se han publicado datos nuevos sobre el rendimiento de tecnologías de sobremesa. Ha habido adelantos en lo que respecta a la capacidad de secuenciación, entre otras cosas para establecer el linaje de una persona.

51. Los adelantos en la tecnología de síntesis incluyen: la creación de un prototipo de impresora láser de ADN (aunque los haces láser sirven en realidad para clasificar el material sintetizado) que podría abaratar la síntesis en varios órdenes de magnitud; y la creación de métodos de escritorio para aprovechar mejor las secuencias genéticas ya presentes en los laboratorios, los cuales, unidos a los avances en la automatización, permiten al usuario compilar los genes sintéticos deseados a partir de material que ya tiene. Entre los adelantos en el uso de la tecnología de síntesis figura su aplicación para el almacenamiento de datos y la racionalización de los servicios de laboratorio externalizados.

#### **F. Tecnologías instrumentales genéricas**

52. Muchos de los adelantos mencionados en el presente documento se apoyan en una serie de tecnologías que facilitan, abaratan, aceleran o hacen más fiables muchos de los procesos y prácticas de base necesarios para ampliar los límites del conocimiento y crear nuevas aplicaciones. Por ejemplo, se han producido adelantos en la microfluídica de alto rendimiento para células individuales, en particular: un mejor entendimiento del comportamiento físico de las gotas; métodos de encapsulado de células; métodos de detección y accionamiento; y los relacionados con la aplicación de alto rendimiento para

mejorar aspectos como el tamaño de las gotas, la densidad de la cápsula y la viscoelasticidad de las gotas. Esto hace posible que los trabajos de investigación se hagan a más pequeña escala, lo cual reduce costos, acelera el proceso y aumenta el número de candidatos que se pueden estudiar.

## IV. Identificación y transmisión de la información sobre los adelantos de interés

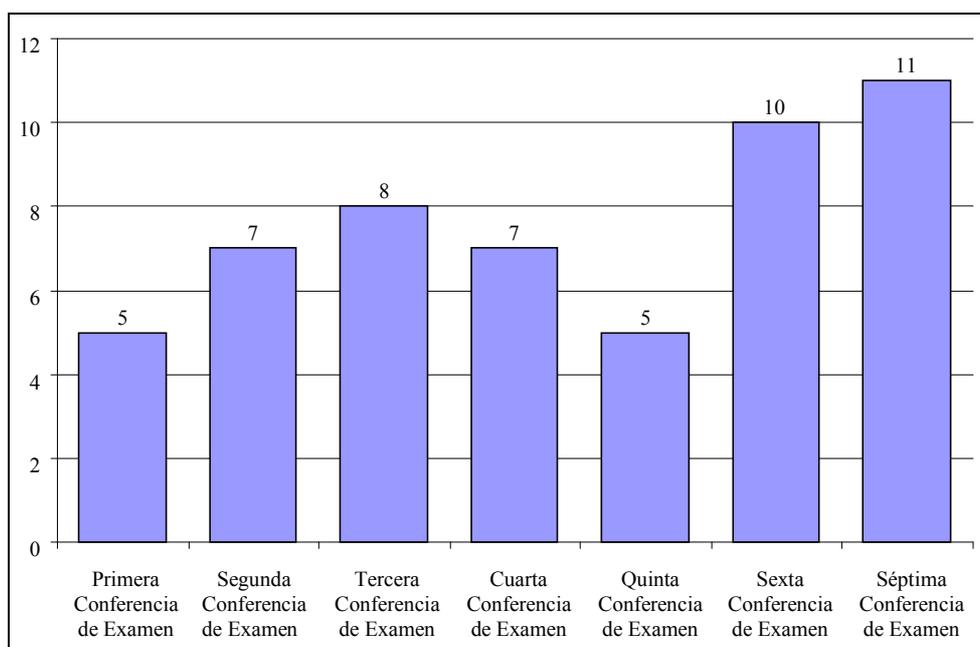
### A. Identificación de los adelantos de interés

53. En 2012, la documentación informativa sobre los adelantos de interés en la esfera de la ciencia y la tecnología se basó principalmente en la información generada por Estados partes, entidades gubernamentales y no gubernamentales y la DAA en el período anterior a la Séptima Conferencia de Examen. Esa información tiene ahora ocho años y es posible que ya no refleje las capacidades científicas y tecnológicas actuales. Tal vez los futuros exámenes no puedan basarse tanto en dicha información. Sigue sin estar claro de dónde debe proceder la información sobre los adelantos de interés y quién deberá recabarla y elaborar los documentos informativos. Las decisiones de la Séptima Conferencia de Examen no especifican qué procedimientos deben adoptarse para examinar las novedades científicas y tecnológicas, salvo por la inclusión de un tema permanente en el programa entre períodos de sesiones de 2012 a 2015.

54. En los exámenes realizados en las conferencias de examen quinquenales, el número de Estados partes que facilitaron información fue limitado (véase el gráfico 1). En la Reunión de Expertos de 2012, 6 Estados partes presentaron documentos de trabajo sobre este asunto y 22 Estados partes, 1 organización regional, 1 organización internacional y 3 invitados a la Reunión intervinieron durante el examen de este tema permanente del programa.

Gráfico 1

**Número de Estados partes que facilitaron información sobre los adelantos científicos y tecnológicos de interés en las anteriores conferencias de examen**



55. Antes de cada examen de los adelantos científicos y tecnológicos efectuado por los Estados partes en las conferencias de examen, organizaciones internacionales, organismos profesionales de carácter científico y expertos no gubernamentales facilitaron información sobre los adelantos que a su juicio podían resultar de interés. Ninguna decisión de la Séptima Conferencia de Examen asignó recursos a apoyar esta labor. En el pasado, los recursos necesarios para el examen de esta información procedieron de las contribuciones voluntarias de algunos Estados partes. La DAA no tiene conocimiento de que las citadas entidades hayan convocado reunión alguna para identificar los adelantos de interés para la labor de los Estados partes en 2013, ni de que se hayan asignado recursos para tal fin.

56. La Séptima Conferencia de Examen decidió que la DAA debía "apoyar, según proceda, la aplicación por los Estados partes de las decisiones y recomendaciones de la presente Conferencia de Examen", lo cual incluye la decisión sobre el examen de los adelantos en la esfera de la ciencia y la tecnología. La DAA, en la mayor medida posible y con los recursos de que disponga, seguirá facilitando documentación informativa sobre los adelantos de interés. En la Séptima Conferencia de Examen no se asignaron recursos humanos ni financieros específicamente a la realización de esta labor. No se han recibido contribuciones voluntarias para apoyar esta labor. Esta situación limita la escala y el alcance de los adelantos que la DAA puede examinar. En el pasado, la DAA tuvo conocimiento de una amplia gama de adelantos gracias a su participación en reuniones y talleres, tal y como consta en sus informes anuales. La participación en estas actividades era, y es, posible gracias a las contribuciones voluntarias. Si a esto se une la actual reducción efectiva del personal de la DAA, la Dependencia dispone ahora de menos capacidad para identificar posibles adelantos de interés que en el anterior programa de trabajo entre períodos de sesiones.

## **B. Transmisión de la información sobre los adelantos**

57. Habida cuenta del ritmo al que avanzan la ciencia y la tecnología, es necesario que los adelantos de interés sean puestos en conocimiento de los Estados partes lo antes posible. Las tecnologías modernas de la información hacen que las plataformas puedan suministrar esta información prácticamente en tiempo real. La DAA ha actualizado la correspondiente sección del sitio web de la Convención sobre las armas biológicas para dar cabida a la información sobre los adelantos científicos y tecnológicos de interés ([www.unog.ch/bwc/science](http://www.unog.ch/bwc/science)). Estas páginas se han estructurado de manera que los adelantos de interés aparezcan en un formato similar al del presente documento y los documentos informativos puestos a disposición de la Reunión de Expertos de 2012 y la Séptima Conferencia de Examen.

58. En cada una de las esferas abarcadas en los documentos informativos se detallan los adelantos concretos y se incluye un vínculo a un trabajo de investigación, reseña u otra fuente de información pertinente, los pormenores del adelanto y unos apuntes sobre el posible interés que reviste para la labor de la Convención.

59. La DAA actualizará periódicamente estas páginas con información sobre todos los adelantos de que tome conocimiento y los que le comuniquen los Estados partes, las organizaciones internacionales, los organismos profesionales de carácter científico y otros expertos no gubernamentales pertinentes. Se invita a quienes faciliten dicha información a examinar los adelantos que ya figuren en el sitio web y a utilizar un formato similar.