



Fronteras genéticas para la conservación

Una evaluación de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad
Síntesis y mensajes clave



Acerca de la UICN

La UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, es una Unión de Miembros única formada por organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil. Pone a disposición de las entidades públicas, privadas y no gubernamentales, los conocimientos y las herramientas que posibilitan, de manera integral, el progreso humano, el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza.

Creada en 1948, la UICN se ha convertido en la red ambiental más grande y diversa del mundo. Cuenta con la experiencia, los recursos y el alcance de sus más de 1.300 organizaciones Miembro y los aportes de más de 10.000 expertos. Es la autoridad mundial en cuanto a datos, evaluaciones y análisis de conservación. Su diversa membresía hace de la UICN una incubadora y un repositorio confiable de mejores prácticas y herramientas de conservación, así como de estándares internacionales.

La UICN proporciona un foro neutral en el que gobiernos, ONG, científicos, empresas, comunidades locales, grupos indígenas y otros pueden trabajar juntos para crear e implementar soluciones a los retos ambientales y lograr un desarrollo sostenible.

Trabajando con una gran variedad de asociados y colaboradores, la UICN implementa una amplia y diversa cartera de proyectos de conservación en todo el mundo. Combinando los últimos avances científicos con los conocimientos tradicionales de las comunidades locales, estos proyectos trabajan para revertir la pérdida de hábitats, restaurar los ecosistemas y mejorar el bienestar de las personas.

www.iucn.org/es

<https://twitter.com/IUCN/>

Acerca del Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad

El Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad y su correspondiente Subgrupo Técnico fueron creados para llevar a cabo las tareas descritas en la Resolución WCC-2016-RES-086 del Congreso Mundial de la Naturaleza 2016. Esta Resolución pedía (en parte) a la Directora General y a las Comisiones que realicen una evaluación para:

examinar los organismos, componentes y productos resultantes de las técnicas de la biología sintética y las repercusiones de su producción y uso, que puedan ser beneficiosas o perjudiciales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y las consideraciones sociales, económicas, culturales y éticas conexas...

Además, pedía a la Directora General y a las Comisiones, con urgencia:

evaluar las repercusiones de los conductores genéticos (Gene Drives) y las técnicas conexas y sus posibles consecuencias en la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, así como la participación equitativa en los beneficios derivados de los recursos genéticos...

Esta evaluación es el resultado del trabajo del Subgrupo Técnico, bajo la dirección del Grupo de Trabajo, ambos establecidos en enero de 2018.

<https://www.iucn.org/synbio>

Fronteras genéticas para la conservación

Una evaluación de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad
Síntesis y mensajes clave

La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN.

La UICN declina cualquier error u omisión en la traducción de este documento de la versión original en inglés al español. En caso de discrepancia, remítase, por favor, a la edición original. Título de la edición original: *Genetic frontiers for conservation: An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation*. Synthesis and key messages. (2019). Publicado por: UICN, Gland, Suiza. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.04.en>

La Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente, el Instituto Luc Hoffmann del Fondo Mundial para la Naturaleza - Internacional, el Ministerio francés para la Transición Ecológica e Inclusiva y la Fundación Gordon y Betty Moore proporcionaron un apoyo financiero para el desarrollo de esta evaluación, la cual fue escrita en base a las discusiones mantenidas en el Jesus College de Cambridge, Reino Unido (abril de 2018), en el Instituto de Pesquisas Ecológicas de Nazaré Paulista, Brasil (julio de 2018) y en las oficinas de la UICN en Washington D.C. (noviembre de 2018).

Queremos agradecer a los otros miembros del Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad así como de su Subgrupo Técnico: Drew Endy, Sonia Peña Moreno, Gernot Segelbacher, Cyriaque Sendashonga, Risa Smith, Simon Stuart, Wei Wei, y Anne Gabrielle Wüst Saucy. También estamos muy agradecidos por la ayuda de Carolyn Pereira Force, Roisin Gorman, Sarah McKain, Deborah Murith, Leonor Ridgway, Melanie Ryan y Victoria Romero. Muchas gracias a Owain Edwards, Kate Jones, Alfred Oteng-Yeboah y a todos los expertos que revisaron el manuscrito, así como al Instituto Luc Hoffmann por haber permitido que este trabajo se haga de forma más rápida.

Referencias trazables Las referencias de capítulos entre corchetes (por ejemplo, {2.3.1, 2.3.1.2, 2.3.1.3}) son referencias trazables que se refieren a secciones de los capítulos de *Fronteras genéticas para la conservación: una evaluación de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad. Evaluación técnica* (<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.05.en>). Una referencia trazable es una descripción, dentro de los textos correspondientes de estos capítulos, que refleja la evaluación del tipo, cantidad, calidad y consistencia de los datos disponibles y el grado de consenso que caracteriza esa declaración o mensaje clave particular.

Publicado por: UICN, Gland, Suiza

Derechos reservados: © 2019 UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente completa.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación: UICN (2019). *Fronteras genéticas para la conservación: una evaluación de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad*. Síntesis y mensajes clave. Gland, Suiza: UICN. viii + 16pp.

ISBN: 978-2-8317-2012-8 (PDF)

DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.04.es>

Traducción y revisión: INTUITIV, slú – www.intuitivme.com

Ilustración de la cubierta: Trabajar con las herramientas de la biología sintética representará una serie de desafíos y oportunidades para la conservación, que se extenderán en todo el mundo natural, impactando a especies y ecosistemas discutidos como estudios de caso en la evaluación completa "Fronteras genéticas para la conservación": aves insulares endémicas (arriba a la izquierda), roedores invasores en las islas (abajo a la izquierda), hurones de pies negros (abajo a la derecha), abejas (izquierda), cangrejos herradura (arriba a la derecha) y muchos más.

Dirección creativa, diseño y maquetación: Nadine Zamira Syarief, Abiyasa Adiguna Legawa, Raisa Ramdani, Dwita Alfiani Prawesti

Disponible en: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Suiza
Tel +41 22 999 0000
Fax:+41 22 999 0002
www.iucn.org/resources/publications

Tabla de contenidos

Prólogo	v
Declaración de principios del Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad	vii
Contribuciones	viii
Síntesis	1
¿Qué es la biología sintética?	5
Posibles aplicaciones de la biología sintética para la conservación de la biodiversidad	9
Evidencia	10
El camino por delante	11
Coda	12
Mensajes clave	13
Referencias	16

Prólogo

La investigación sobre el ADN ha propiciado una explosión de conocimientos extraordinaria. El reciente y rápido desarrollo de las tecnologías de secuenciación y edición de genes ha llevado a la creación de una nueva generación de herramientas. El conjunto de tecnologías que permiten a los seres humanos alterar los genes de los organismos para hacerlos hacer cosas que ellos quieran y que esos organismos no harían normalmente, por ejemplo, la creación de levaduras capaces de producir plástico o medicamentos humanos, se llama “biología sintética”. Un activo debate internacional se está llevando a cabo sobre la mejor manera de definir este campo.

Los científicos disponen, hoy en día, de herramientas que, en principio, pueden permitirles cambiar las características genéticas de casi todas las especies, incluso, pero también mucho más allá de la manipulación de un sólo gen. El ADN puede ser copiado en forma digital, reordenado, convertido de nuevo en forma orgánica e insertado de nuevo en células vivas en un intento de fortalecer o crear características deseables o eliminar las que sean problemáticas. Estas tecnologías nuevas y en rápida evolución crean oportunidades interesantes en muchos campos, incluyendo nuevos tipos de conservación, pero también plantean preguntas serias y desafíos complejos.

Fue tanto una profunda preocupación como un entusiasmo moderado lo que llevó a la UICN a encargar una amplia evaluación del estado actual de la ciencia y las políticas en torno a las técnicas de biología sintética y la biodiversidad. El objetivo de esta evaluación es, por lo tanto, proporcionar un análisis claro, basado en la mejor evidencia disponible, de las cuestiones relevantes relacionadas con la biología sintética susceptibles de tener un impacto, positivo o negativo, en la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica. Producida por

un equipo global de profesionales e investigadores, esta evaluación responde, en parte, a una Resolución de la UICN adoptada en el Congreso Mundial de la Naturaleza de 2016: “Formulación de una política de la UICN sobre la conservación de la biodiversidad y la biología sintética” (WCC-2016-Res-086).

La aplicación de la biología sintética a la conservación aún se encuentra en su fase inicial. Esto hace que el requisito de que esta evaluación utilice un planteamiento basado en hechos sea más difícil, pero aún más vital. Mientras que los debates políticos involucran necesariamente valores y preferencias, las afirmaciones en apoyo o en oposición a la biología sintética derivadas principalmente de estos debates se tienen que diferenciar de aquellas basadas en hechos. Por lo tanto, esta evaluación tiene como objetivo aclarar el estado de este campo de investigación en base a los posibles beneficios y perjuicios discernibles hasta la fecha. No puede ser, ni pretende ser, una evaluación de riesgos exhaustiva. Más bien, el objetivo de esta evaluación es informar las deliberaciones futuras y mejorar la comprensión de las diferentes maneras en que se genera, utiliza e interpreta la evidencia sobre el impacto potencial de la biología sintética en la conservación.

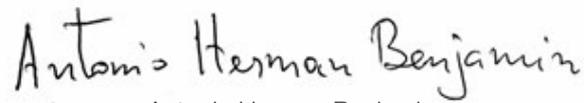
Esta evaluación es el inicio de un proceso que llevará al desarrollo de una política de la UICN para guiar a la Directora General, las Comisiones y los Miembros de la Unión. El proyecto de política será discutido en muchos foros antes de ser llevado a votación durante el Congreso Mundial de la Naturaleza de 2020. Una mayor atención del público hacia el tema de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad es esencial, dado el impacto potencial de los descubrimientos científicos y de las futuras decisiones políticas, y también teniendo en cuenta la necesidad de amplias alianzas para hacer frente a los retos que las comunidades de la conservación y de la biología sintética tendrán que enfrentar inevitablemente.



Inger Andersen
Directora General, UICN



Angela Andrade
Presidenta de la Comisión de Gestión de Ecosistemas de la UICN



Antonio Herman Benjamin
Presidente de la Comisión Mundial de Derecho Ambiental de la UICN



Kathleen Mackinnon
Presidenta de la Comisión Mundial de Áreas Protegidas de la UICN



Jon Paul Rodríguez
Presidente de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN



Sean Southey
Presidente de la Comisión de Educación y Comunicación de la UICN



Kristen Walker-Painemilla
Presidenta de la Comisión de Política Ambiental, Económica y Social de la UICN

Declaración de principios del Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad

Reconociendo la complejidad y los grandes impactos positivos y negativos potenciales del tema, tanto dentro como fuera de la comunidad mundial de la conservación, esta evaluación se basa en los valores y procesos probados de la UICN para proporcionar un recurso compartido y confiable para futuras deliberaciones.

En la preparación de esta evaluación, en nombre de los Miembros de la UICN, el Subgrupo Técnico ha procurado adherirse a los principios siguientes:

Objetividad: evaluar los hechos y trabajar para minimizar y equilibrar cualquier sesgo subjetivo;

Inclusión: reconocer y considerar toda la diversidad de puntos de vista e intereses;

Robustez: garantizar que todas las conclusiones se basen en un razonamiento claro;

Humanidad: interactuar con todas las partes interesadas de una manera respetuosa y honesta;

Transparencia: asegurar que el proceso aplicado y todos los productos finales derivados sean de libre acceso;

Consulta: dar oportunidades significativas para que todas las partes interesadas puedan participar en el proceso, y responder a todas las peticiones formales.

Este trabajo se ha realizado bajo los auspicios del Código de Conducta de las Comisiones de la UICN y del Código de Conducta de la Secretaría de la UICN.

Contribuciones

Autores de la evaluación y su afiliación

Las afiliaciones se indican únicamente para fines de identificación y no implican un respaldo institucional.

Jonathan S. Adams, Pangolin Words, EE.UU.
Luke Alphey, Instituto Pirbright, Reino Unido
Elizabeth L. Bennett, Wildlife Conservation Society, EE.UU.
Thomas M. Brooks, UICN, Suiza
Jason Delborne, Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU.
Hilde Eggermont, Plataforma Belga para la Biodiversidad, Bélgica
Kevin Esvelt, Media Lab del Instituto de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
Ann Kingiri, Centro Africano de Estudios Tecnológicos, Kenia
Adam Kokotovich, Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU.
Bartłomiej Kolodziejczyk, Universidad de Estocolmo, Suecia
Todd Kuiken, Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU.
Nicholas B. W. Macfarlane, UICN, EE.UU.
Aroha Te Pareake Mead, Ngāti Awa, Ngāti Porou, Nueva Zelanda
María Julia Oliva, Unión para el Biocomercio Ético, Países Bajos
Edward Perello, Arkurity, Reino Unido
Kent H. Redford, Archipelago Consulting, EE.UU.
Lydia Slobodian, UICN, Alemania
Delphine Thizy, Target Malaria, Reino Unido
Daniel M. Tompkins, Predator Free 2050, Nueva Zelanda
Gerd Winter, Universidad de Bremen, Alemania

Autores de los casos de estudio y de los recuadros

(salvo indicación contraria, los recuadros han sido escritos por los autores del capítulo)

Luke Alphey, Instituto Pirbright, Reino Unido
Karl Campbell, Island Conservation, Ecuador
Johanna E. Elsensohn, Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU.
Chris Farmer, American Bird Conservancy, EE.UU.
Reid Harris, Universidad James Madison, EE.UU.
Nick Holmes, Island Conservation, EE.UU.
Brad Keitt, American Bird Conservancy, EE.UU.
Phil Leftwich, Instituto Pirbright, Reino Unido
Tom Maloney, Revive & Restore, EE.UU.
Daniel Masiga, Centro Internacional de Fisiología y Ecología de los Insectos, Kenia
Andrew E. Newhouse, Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales, EE.UU.
Ben Novak, Revive & Restore, EE.UU.
Ryan Phelan, Revive & Restore, EE.UU.
William A. Powell, Universidad Estatal de Nueva York, EE.UU.
Louise Rollins-Smith, Universidad Vanderbilt, EE.UU.
Delphine Thizy, Target Malaria, Reino Unido
Madeleine van Oppen, Universidad de Melbourne, Australia

Síntesis

En el pasado, el castaño americano dominaba los bosques del este de América del Norte, cubriendo todos los Montes Apalaches, desde el Maine hasta Alabama y solapándose con territorios históricos de muchas tribus nativas americanas. La leyenda dice que una ardilla podía viajar del Océano Atlántico hasta el Río Mississippi sin poner un pie en el suelo, saltando simplemente de un castaño al siguiente. El árbol, majestuoso y de crecimiento rápido, proporcionaba refugio y hábitat para innumerables especies, así como madera, alimentos y medicinas para muchas generaciones de comunidades nativas y euro-americanas. Una leyenda iroquesa, “Hodadenon: el último que queda y el castaño”, celebra el castaño como un alimento que da la vida y que, “como todas las otras cosas buenas que nos ha dado nuestro creador Hawenio, ya no pertenecen a una sola familia, por más poderosa que sea, sino que son compartidos por todos” (Freinkel, 2009).

En menos de medio siglo, sin embargo, casi todos los castaños desaparecieron. Un hongo nativo de Asia Oriental llegó a principios del siglo XX y se extendió rápidamente, matando a miles de millones de árboles. Hoy en día, casi no quedan castaños adultos. El árbol sólo se encuentra en forma de arbusto pequeño y aislado que sólo crece unos pocos pies de altura antes de sucumbir a la plaga.

Los esfuerzos para restaurar el castaño a su área de distribución histórica se iniciaron hace décadas. El enfoque inicial fue la cría selectiva clásica: cruzar castaños americanos con la especie asiática, naturalmente resistente al hongo, y volver a cruzar la descendencia una y otra vez con el fin de crear un híbrido que sea casi completamente

americano, pero con los genes de resistencia de su primo asiático. Ese método es prometedor, pero también tiene limitaciones, entre las cuales el hecho de que varios genes controlan la resistencia, por lo que la herencia nunca puede ser segura, y el híbrido probablemente nunca será tan resistente como las especies asiáticas.

También existe otro enfoque. Muchas otras especies de plantas contienen genes para una enzima que descompone el compuesto que el hongo produce y que mata a los castaños. Usando *Agrobacterium*, una biotecnología de primera generación para la transferencia de genes, los investigadores han trasplantado un gen para esa enzima, del trigo a los castaños americanos, creando un árbol genéticamente modificado que resiste a la plaga. Estos árboles ya han sido plantados en ensayos forestales experimentales, y una vez completado el proceso de aprobación regulatoria formal, podrían ser plantados en los bosques de donde el castaño desapareció hace décadas.

El castaño americano genéticamente modificado utiliza una tecnología establecida desde hace mucho tiempo, pero su uso en el castaño americano es una aplicación totalmente nueva, que plantea importantes cuestiones científicas, jurídicas, éticas y políticas. ¿Cuáles son las implicaciones de esta reintroducción para las comunidades ecológicas que se han desarrollado desde la desaparición del castaño? ¿Es, incluso, la restauración de las comunidades naturales previas al hongo factible hoy, en vista a las predicciones de cambio climático? ¿Podrían aparecer problemas de salud para los humanos o los animales que consumen castañas de árboles genéticamente modificados? ¿Qué dicen las comunidades nativas americanas, que en el pasado dependieron en gran medida de los castaños, sobre la perspectiva de una restauración, y qué podemos aprender de los esfuerzos en curso para involucrar a esas y otras comunidades históricamente relacionadas con el bosque?

Teniendo en cuenta estas preguntas, ¿podría ser la cría selectiva continua una mejor opción?

Algunas partes interesadas se oponen a la liberación propuesta del castaño americano genéticamente modificado, sobre la base de que si se aprobara, sería el primer árbol genéticamente modificado en ser legalizado en los Estados Unidos y sería el primero en recibir una aprobación para ser liberado en el medio natural con la intención de restaurar un árbol ecológicamente significativo en el bosque. Algunos observadores argumentan que los estudios necesarios a largo plazo no han sido realizados y que, por lo tanto, las formas en que estos árboles, potencialmente longevos, interactuarán con los bosques del este de los Estados Unidos siguen siendo desconocidas.

Estos son los tipos de retos y oportunidades que llevaron la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a encargar una amplia evaluación del estado actual de la ciencia y las políticas en torno a las técnicas de biología sintética en relación con la biodiversidad. El objetivo de la evaluación es, por lo tanto, identificar los tipos de aplicaciones y productos de la biología sintética que podrían afectar a la conservación y al uso sostenible de la diversidad biológica, tanto negativa como positivamente. Producida por un equipo mundial de profesionales e investigadores, la evaluación responde a los términos de una Resolución de la UICN adoptada en el Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN 2016: “Formulación de una política de la UICN sobre la conservación de la biodiversidad y la biología sintética” (WCC-2016-RES-086). Entre otras cosas, esta Resolución pide a la Directora General y a las Comisiones de la UICN:

- *examinar los organismos, componentes y productos resultantes de las técnicas de la biología sintética y las repercusiones de su producción y uso, que puedan ser beneficiosas o perjudiciales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y las consideraciones sociales, económicas, culturales y éticas conexas;*

- *evaluar las repercusiones de los conductores genéticos¹ (Gene Drives) y las técnicas conexas y sus posibles consecuencias en la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, así como la participación equitativa en los beneficios derivados de los recursos genéticos;*

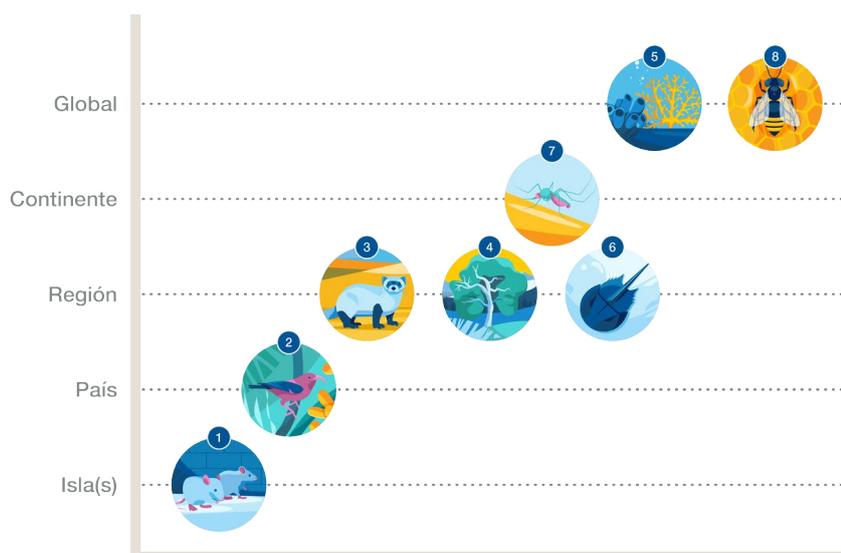
Esta evaluación pretende cumplir estos dos mandatos tomando como punto de partida el enfoque utilizado por la Plataforma Intergubernamental sobre la Biodiversidad y los Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por su sigla en inglés). Las evaluaciones de la IPBES “sintetizan y evalúan críticamente la literatura científica revisada por pares, la literatura no convencional y otros conocimientos disponibles, tales como los conocimientos indígenas y locales. Estas evaluaciones incluyen una revisión y una síntesis, así como un análisis y un juicio experto de los conocimientos disponibles” (Scholes et al., 2018).

Muchas de las aplicaciones de la biología sintética y de los sistemas de impulsión genética, tanto las que tienen efectos directos sobre la biodiversidad como las que se destinan a otros fines, se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo. Esto plantea varios desafíos para la presente evaluación. En primer lugar, significa que el propósito de la evaluación no es poner a prueba unas hipótesis existentes, sino recopilar información que pueda ayudar a establecer nuevas hipótesis. Esto tiende a convertir la evaluación en una revisión narrativa más que en una revisión sistemática (Cook et al., 2017). Cada uno de esos enfoques tiene fortalezas y debilidades, pero las revisiones sistemáticas pueden ser difíciles de aplicar a cuestiones complejas o abiertas como la aplicación de la biología sintética a la conservación de la biodiversidad (Westgate & Lindenmayer, 2017).

El segundo desafío para la evaluación tiene que ver con las fuentes de información y de datos con respecto a las aplicaciones nuevas y emergentes de la biología sintética. Dado que la mayoría de estas aplicaciones aún se encuentran en etapas conceptuales o de desarrollo temprano, el Subgrupo Técnico optó por utilizar estudios de caso para complementar la revisión

¹ Utilizamos aquí “impulsores genéticos modificados” como traducción del término en inglés “gene drive”. El término “conductores genéticos” se utilizó en la Resolución WCC-2016-RES-086.

Estudios de caso de proyectos de biología sintética por escala de aplicación



- 1 Erradicación de roedores invasores en las islas.
- 2 Control de mosquitos invasores para prevenir las extinciones de aves en Hawai'i.
- 3 Biología sintética para luchar contra las amenazas a la conservación de los hurones de pies negros.
- 4 Restauración potencial de los bosques con castaño americano transgénico.
- 5 Corales y adaptación al cambio climático / a la acidificación.
- 6 Substitución del cangrejo de herradura para la prueba de lisado de amebocitos de Limulus.
- 7 Enfoque de impulsión genética para la supresión de vectores de malaria en África.
- 8 Solucionar el colapso de las colonias de abejas.

Figura 1 Estudios de caso de proyectos de biología sintética por escala de aplicación

narrativa principal. Los autores de los estudios de caso fueron elegidos en base a su conocimiento detallado de esas aplicaciones particulares, la mayoría de las cuales se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo. Esta experiencia añade profundidad al análisis, pero por su propia naturaleza, también implica que las contribuciones reflejan un compromiso y una pasión para abordar retos de conservación significativos, para los cuales se está actualmente explorando la viabilidad de tecnologías particulares. Para algunos de estos estudios de caso los editores de la evaluación añadieron más detalles sobre los posibles impactos negativos y consideraciones socioeconómicas más amplias.

Esta evaluación no es, ni puede ser, una evaluación de riesgos, sino que es parte del proceso por el cual la UICN llegará a una política aprobada por sus Miembros sobre la biología sintética y la conservación.

Además, esta evaluación puede ayudar a abrir un camino para decisiones informadas por estudios empíricos que examinen la eficacia, los beneficios y los riesgos potenciales de la biología sintética. El Grupo de Trabajo de la UICN sobre Biología Sintética y Conservación de la Biodiversidad y el Consejo de la UICN esperan la participación continua del conjunto de comunidades de la conservación y de la biología sintética alrededor de los resultados de esta evaluación y de las formas en que afecta al proyecto de política.²

Por definición, existe cierta incertidumbre con respecto a cualquier conclusión sobre el impacto potencial de la biología sintética en la conservación de la biodiversidad. Como resultado, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) aplica de forma explícita el principio de precaución a la biología sintética (véase el capítulo 2). Nada de lo expuesto en esta

² La fecha límite para la inclusión de literatura en fase de publicación y de datos no publicados en esta evaluación fue el 16 de noviembre de 2018.

evaluación debe considerarse como en conflicto con ese principio.

Esta evaluación se completó a principios de diciembre de 2018, pero la discusión sobre biología sintética y conservación y uso sostenible de la diversidad biológica continúa a nivel mundial, nacional y en comunidades de todo el mundo. En la Conferencia de las Partes (COP, por su sigla en inglés) del CDB en noviembre de 2018, el tema fue una de las cuestiones centrales de los debates. La COP adoptó dos decisiones de relevancia para esta evaluación:

1. Las partes reconocieron que la biología sintética tiene beneficios potenciales y posibles efectos adversos sobre la diversidad biológica, prolongaron el trabajo del Grupo Especial de Expertos Técnicos y exhortaron a las Partes, otros gobiernos y organizaciones pertinentes a que continúen compartiendo información sobre estos impactos positivos y negativos. En la misma decisión, las Partes también pidieron que se aplicara el principio de precaución en relación con la impulsión genética y acordaron que las Partes y otros gobiernos sólo deberían considerar la introducción de elementos de impulsión genética en el medio ambiente cuando se hayan llevado a cabo evaluaciones de riesgos caso por caso, cuando se hayan establecido medidas de gestión del riesgo y, según sea necesario, cuando se haya solicitado u obtenido, cuando proceda y de conformidad con las circunstancias y legislaciones nacionales, el “consentimiento previo e informado”, el “consentimiento libre, previo e informado” o la “aprobación y participación” de los pueblos indígenas y comunidades locales que puedan resultar afectados.
2. Las Partes señalaron la divergencia de opiniones con respecto a la información digital sobre secuencias y la diversidad biológica, y establecieron un proceso para aclarar el concepto y considerar la posibilidad de acuerdos de distribución de beneficios.

Otros dos factores contextuales importantes en torno a este informe deben tenerse en cuenta y abordarse. El primero es que la polarización que rodea el debate

sobre lo que podríamos llamar “primera generación” de organismos genéticamente modificados (principalmente unas características ingenieras de resistencia a los insectos y de tolerancia a los herbicidas en cultivos agrícolas) define el contexto de las nuevas aplicaciones de la biología sintética y del presente informe. La polarización en torno a los organismos genéticamente modificados, es decir, que todos los OGM son seguros y beneficiosos, o no seguros y perjudiciales, hace difícil conseguir un debate matizado sobre las condiciones que conducen a un uso beneficioso o perjudicial (por ejemplo, ¿Cómo se diseña y se prueba la tecnología? ¿Cuál es el contexto social, económico, político y ecológico? ¿Quién participa en la toma de decisiones?).

El segundo es que una de las principales preocupaciones expresadas por los grupos críticos con la aplicación de la biología sintética a la conservación es que esta puede ser utilizada como un “caballo de Troya” para otras aplicaciones de la biología sintética. Es decir, las aplicaciones de la biología sintética que parecen beneficiosas para el medio ambiente llevarán los actores sociales, los reguladores gubernamentales y el público, en términos más generales, a tener una visión poco crítica de aplicaciones más cuestionables de la biología sintética, como por ejemplo, para fines militares o para consolidar aún más el control sobre los sistemas agrícolas.

Este informe tiene como objetivo propiciar discusiones matizadas en torno al futuro de la biología sintética para la conservación. Para lograrlo y para responder a los dos puntos mencionados anteriormente, este informe se basa en la hipótesis de que los usos potenciales de la biología sintética deben ser considerados caso por caso. El hecho de que una aplicación pueda ser beneficiosa en un determinado contexto social, político, económico y ecológico no implica que también lo sea en otro contexto, o que otra aplicación de la biología sintética completamente diferente pueda ser más beneficiosa. Diferentes aplicaciones no se pueden amalgamar y el pensamiento polarizado que consiste en agrupar todas las aplicaciones en un juicio sumario debería ser evitado. Se pueden encontrar más detalles sobre las tensiones y desafíos que supone este enfoque en los Capítulos 2 y 3. Las discusiones en los Capítulos 5 y 6 sobre las formas en que las diferentes aplicaciones de la biología

Ejemplos de costos y beneficios previstos de las aplicaciones de la biología sintética para la conservación



Figura 2 Ejemplos de costos y beneficios previstos de las aplicaciones de la biología sintética para la conservación

sintética podrían ser beneficiosas o perjudiciales no debería, por lo tanto, verse como un argumento para un juicio sumario de la biología sintética en su conjunto. Más bien, esta evaluación es el inicio de una conversación, no su totalidad, y por lo tanto pretende identificar los puntos que necesitan ser discutidos.

¿Qué es la biología sintética?

Los seres humanos aprendieron hace mucho tiempo cómo alterar la naturaleza para sus propios fines, con múltiples implicaciones, desde los genes hasta los ecosistemas. Las comunidades de lo que es, hoy en día, el sur de México criaron maíz a partir de plantas silvestres. Casi al mismo tiempo, hace unos 10.000 años, las comunidades del Valle del Río de las Perlas, en China, criaban arroz a partir de otro tipo de gramíneas, mientras que en el Próximo Oriente convertían los uros en ganado doméstico. Estas actividades de cría, que alteraron las características de las especies silvestres de

manera que llegaron a ser más beneficiosas para el ser humano, se llevaron a cabo en los entornos ecológicos y sociales de la domesticación temprana.

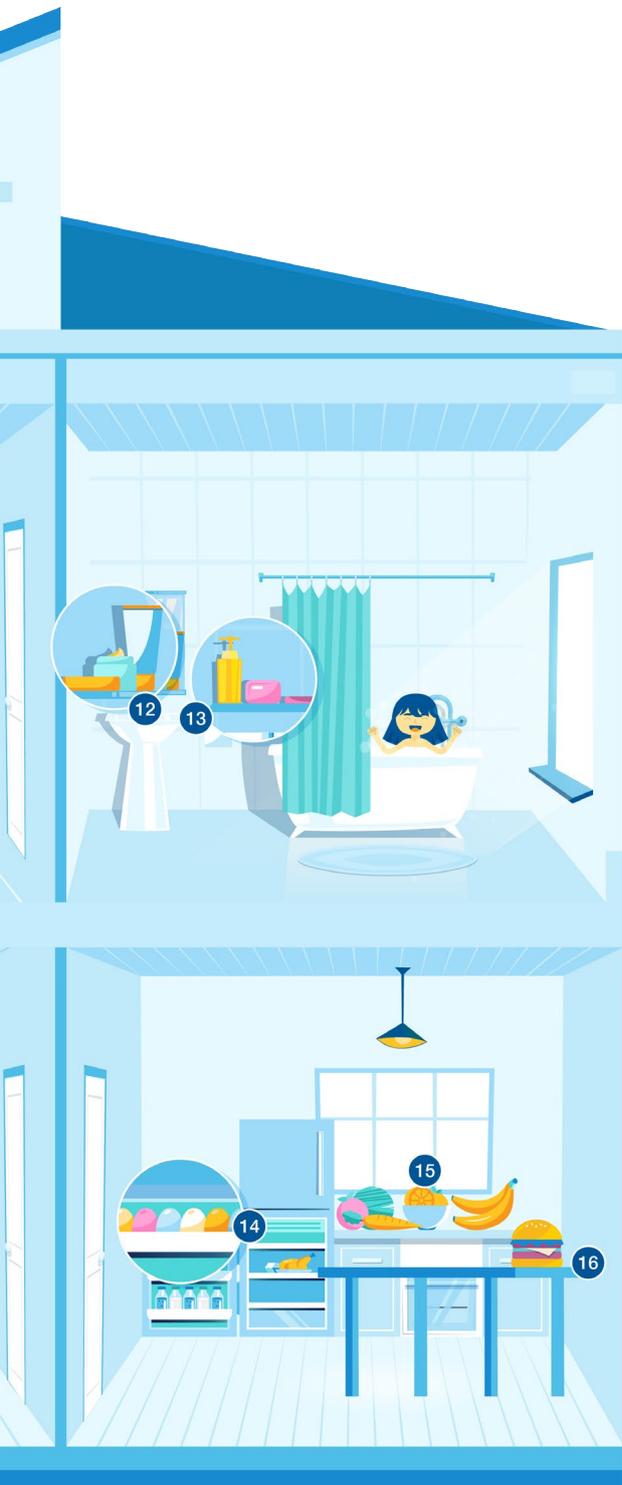
La modificación intencional de los genomas se ha acelerado a medida que la ciencia ha desarrollado una comprensión más profunda de los procesos genéticos fundamentales y ha pasado de hacer experimentos en el campo a hacerlos en el laboratorio. El trabajo experimental de Gregor Mendel con guisantes, en 1856, es considerado como el inicio de la genética moderna, aunque la mayor parte de este trabajo haya pasado desapercibido por la comunidad científica. No fue hasta mediados del siglo XX, cuando James Watson, Francis Crick y Rosalind Franklin iniciaron la revolución de la biología molecular con la identificación de la estructura del ADN, que la ciencia comenzó a experimentar activamente con la modificación explícita de la base biológica de la herencia.

La explosión de conocimientos que el estudio del ADN propició ha sido extraordinaria, posiblemente sin

La biología sintética en su vida futura cotidiana



Figura 3 La biología sintética en su futura vida cotidiana



- 1 Castaño americano**
 Las primeras versiones de la biología sintética permitieron a los científicos diseñar un castaño americano resistente a la enfermedad fúngica mortal que erradicó estos árboles de todo el este de los EE. UU.
- 2 Material deportivo**
 La biología sintética se utilizó para diseñar la PDO, un componente esencial en los textiles de alto rendimiento, como las prendas deportivas o de campo.
- 3 Combustible**
 Las amilasas sintéticas y otras enzimas reducen el costo de producir etanol a partir de cereales.
- 4 Fibras técnicas**
 La seda de araña es más fuerte y más ligera que el acero. Los gusanos de seda diseñados para producir esta seda de araña pueden ser utilizados algún día para producir automóviles más seguros y eficientes.
- 5 Ladrillos**
 Los ladrillos basados en biotecnología están hechos de arena y bacterias alimentadas con carbonato de calcio, un componente estructural clave de las conchas y los arrecifes de coral.
- 6 Mobiliario**
 Las proteínas de seda producidas por una levadura de ingeniería se tejen en telas y prendas como la ropa o los sofás.
- 7 Medicamentos**
 Las tecnologías de biología sintética se han utilizado para diseñar células inmunitarias para tratar el cáncer de la sangre.
- 8 Productos de madera**
 La biología sintética ayudó a crear una alternativa a la proteína de caseína a base de leche para usar en decoraciones y pisos de madera de imitación.
- 9 Cuero sintético**
 Unos microbios modificados con métodos de biología sintética producen colágeno que se utiliza en productos de cuero.
- 10 Papel**
 Unos microbios y enzimas modificados por la biología sintética pueden aumentar la eficiencia de la producción y disminuir los efectos de la fabricación del papel.
- 11 Perfume**
 Hoy en día, una levadura de ingeniería produce nootkatone, un producto alimentario seguro con muchas aplicaciones, como bebidas y perfumes.
- 12 Cuidado de la piel y cosméticos.**
 Los aceites y cremas hidratantes cosméticos y otros productos de cuidado personal se producen a través de la biología sintética, en lugar de ser cosechados de fuentes naturales.
- 13 Jabón**
 El jabón se hace con aceites extraídos de algas sintéticas en lugar de aceite de palma.
- 14 Huevos**
 La biología sintética creó la fitasa para la alimentación de pollos y cerdos, lo que ayuda a los animales a absorber más nutrientes de sus alimentos y reduce los desechos de fósforo.
- 15 Frutas**
 La ingeniería sintética ayuda a prevenir el proceso de marchitez y reduce el desperdicio de alimentos.
- 16 Carne**
 Una levadura alterada con la biología sintética produce grandes cantidades de hemo, uno de los componentes clave para hacer que la carne producida en laboratorio tenga el sabor de la carne real.

igual en su amplitud, profundidad y ritmo en la historia de la ciencia. El reciente y rápido desarrollo de las tecnologías de secuenciación y edición ha llevado a la creación de una nueva generación de herramientas. El conjunto de tecnologías que permiten a los seres humanos alterar los genes de los organismos para hacerlos hacer cosas que ellos quieran y que esos organismos no harían normalmente, por ejemplo, la creación de levaduras capaces de producir plástico o medicamentos humanos, se llama “biología sintética”. Incluye la amplia redefinición y expansión de la biotecnología (Chopra & Kama, 2006). Un activo debate internacional se está llevando a cabo sobre la mejor manera de definir el campo de la biología sintética, con cierta importancia para la legislación y los tratados que se basan en qué redactado se utiliza exactamente. Para esta evaluación hemos optado por utilizar la definición proporcionada por el Convenio sobre la Diversidad Biológica, ya que es la más estrechamente relacionada con la misión de la UICN:

La biología sintética es un desarrollo adicional y una nueva dimensión de la biotecnología moderna que combina la ciencia, la tecnología y la ingeniería para facilitar y acelerar la comprensión, el diseño, el rediseño, la fabricación y/o la modificación de materiales genéticos, organismos vivos y sistemas biológicos.

Es importante tener en cuenta, sin embargo, que la biología sintética y los sistemas de impulsión genética no son tecnologías separadas, sino que forman parte de un conjunto de herramientas que se pueden

aplicar a varios fines. La definición precisa de si una determinada herramienta entra dentro de la categoría de ingeniería genética, biología sintética o en algún otro campo, como en el caso del castaño americano, es menos importante que la forma en que se aplica esta herramienta y con qué propósito. Además, la investigación en biología sintética está avanzando tan rápidamente que nuevos enfoques revolucionarios pueden haber aparecido antes de que el proceso de elaboración de políticas de la UICN se haya completado.

Los científicos disponen ahora de herramientas que, en principio, pueden permitirles cambiar las características genéticas de casi todas las especies, incluso, pero también mucho más allá de la manipulación de un sólo gen. El ADN puede ser copiado en forma digital, reordenado, convertido de nuevo en forma orgánica e insertado de nuevo en células vivas en un intento de fortalecer o crear características deseables o eliminar las que sean problemáticas. Estas tecnologías de *biología sintética*, nuevas y en rápida evolución, crean oportunidades interesantes en muchos campos, incluyendo nuevos tipos de conservación, pero también plantean preguntas serias y desafíos complejos..

Las promesas de la biología sintética han propiciado un creciente interés entre los investigadores, desarrolladores, empresas y el público. A su vez, este interés ha dado lugar a nuevos descubrimientos que han ampliado considerablemente los campos de aplicación de las herramientas y enfoques, con un potencial de cambio mucho mayor, así como

Ejemplos de usos potenciales de las tecnologías de biología sintética



Medicina

- i. Tratamiento para el cáncer
- ii. Vacunas mejores y más baratas.
- iii. Tratamiento del virus zika
- iv. Vigilancia de la salud



Productos de consumo

- i. Bioacrílicos
- ii. Productos químicos ecológicos
- iii. Cuero sintético
- iv. Almacenamiento de datos
- v. Prendas de seda de araña



Agricultura

- i. Cultivos más productivos
- ii. Cultivos más nutritivos
- iii. Cultivos resistentes al clima
- iv. Eliminación de alérgenos alimentarios.
- v. Carne producida en laboratorio

Figura 4 Ejemplos de usos potenciales de las tecnologías de biología sintética

consecuencias directas, indirectas y no anticipadas. El campo es nuevo y las herramientas están evolucionando muy rápidamente. En primera línea, se encuentran fuertes defensores que piensan que la biología sintética es capaz de resolver muchos de los problemas de la humanidad, y voces igualmente fuertes que argumentan que estas tecnologías son peligrosas y que su potencial aplicación aun no está probada y es altamente problemática.

Una de las aplicaciones de la biología sintética que ha sido objeto de especial esfuerzo y atención es el concepto de impulsión genética. En circunstancias normales, si un organismo, por ejemplo, una mosca de la fruta que lleva una copia de un gen modificado, se aparea con otra mosca de la fruta, sólo hay una probabilidad de 50-50 que su descendencia herede el gen modificado. Después del siguiente apareamiento con moscas no modificadas, la probabilidad de que cada uno de los descendientes lleve el gen modificado es aun menor (sólo el 50% del 50%, es decir, 1 posibilidad sobre 4). Los sistemas de impulsión genética, que pueden ocurrir de forma natural, cambian estas reglas de modo que un gen particular se transmite con una probabilidad más elevada que el habitual 50%. Utilizando herramientas avanzadas de edición genética, los científicos están trabajando para aprovechar este fenómeno y esperan, con el tiempo, poder desarrollar sistemas de impulsión genética en los que existe una probabilidad más alta de que un gen específico se transmita y, por lo tanto, que este gen se pueda propagar más rápidamente a las poblaciones silvestres. Por lo tanto, esta evaluación utiliza el término “sistema de impulsión genética” para distinguir entre el fenómeno natural y el producto de la intervención humana a través de la biología sintética, cuyas aplicaciones potenciales podrían ser relevantes para la conservación de la biodiversidad.

La manipulación del código de ADN por los humanos es ahora posible a una velocidad, especificidad y escala inimaginables hace tan sólo unos años, gracias a herramientas de ajuste de genes, un repositorio público de bio-partes, sofisticados programas de modelización por ordenadores y supercomputadoras, entre otros avances que conforman el campo de la biología sintética. La aplicación de estas herramientas

también está revelando algunas de sus limitaciones, ya que estas herramientas y conocimientos conllevan no sólo oportunidades, sino también profundas cuestiones morales, éticas, legales, culturales, espirituales y científicas que pondrán a prueba nuestra imaginación y nuestras instituciones en un futuro próximo y más allá.

— Posibles aplicaciones de la biología sintética para la conservación de la biodiversidad

Los usos potenciales de las nuevas tecnologías de ADN son muy amplios, desde nuevos enfoques para el tratamiento de enfermedades humanas a la mejora de los cultivos para volverlos más productivos, nutritivos o resistentes a las plagas y las enfermedades, a la bio-manufactura, e incluso a aplicaciones en el campo de la moda y de las tecnologías de la información. Se están haciendo grandes inversiones en el campo con expectativas de miles de millones de dólares en los mercados en los próximos años. La mayoría de estas inversiones, así como el foco de mayor preocupación hasta la fecha, ha sido en la agricultura y la medicina humana.

Se han iniciado debates y trabajos de laboratorio sobre posibles aplicaciones a la biología de la conservación para ayudar en los esfuerzos para proteger o restaurar la biodiversidad. Está claro, para muchos observadores, que los impactos potenciales directos de la biología sintética en la naturaleza podrían ser profundos y positivos o negativos, y que las consecuencias indirectas imprevistas de su uso en otros sectores, especialmente en la agricultura, tal vez incluso de mayor alcance. Existen, por lo tanto, dos fuentes principales de impactos potenciales, positivos o negativos, de la biología sintética en la conservación: aquellas aplicaciones destinadas específicamente a beneficiar la conservación, y las que no son destinadas a beneficiar la conservación, pero que podrían tener un impacto indirecto.

Las aplicaciones de la primera categoría, destinadas a beneficiar la conservación, se dividen en dos grupos principales: las que reducen las amenazas (o mitigación) y las que aumentan la resiliencia

Formas en que la biología sintética puede afectar la conservación

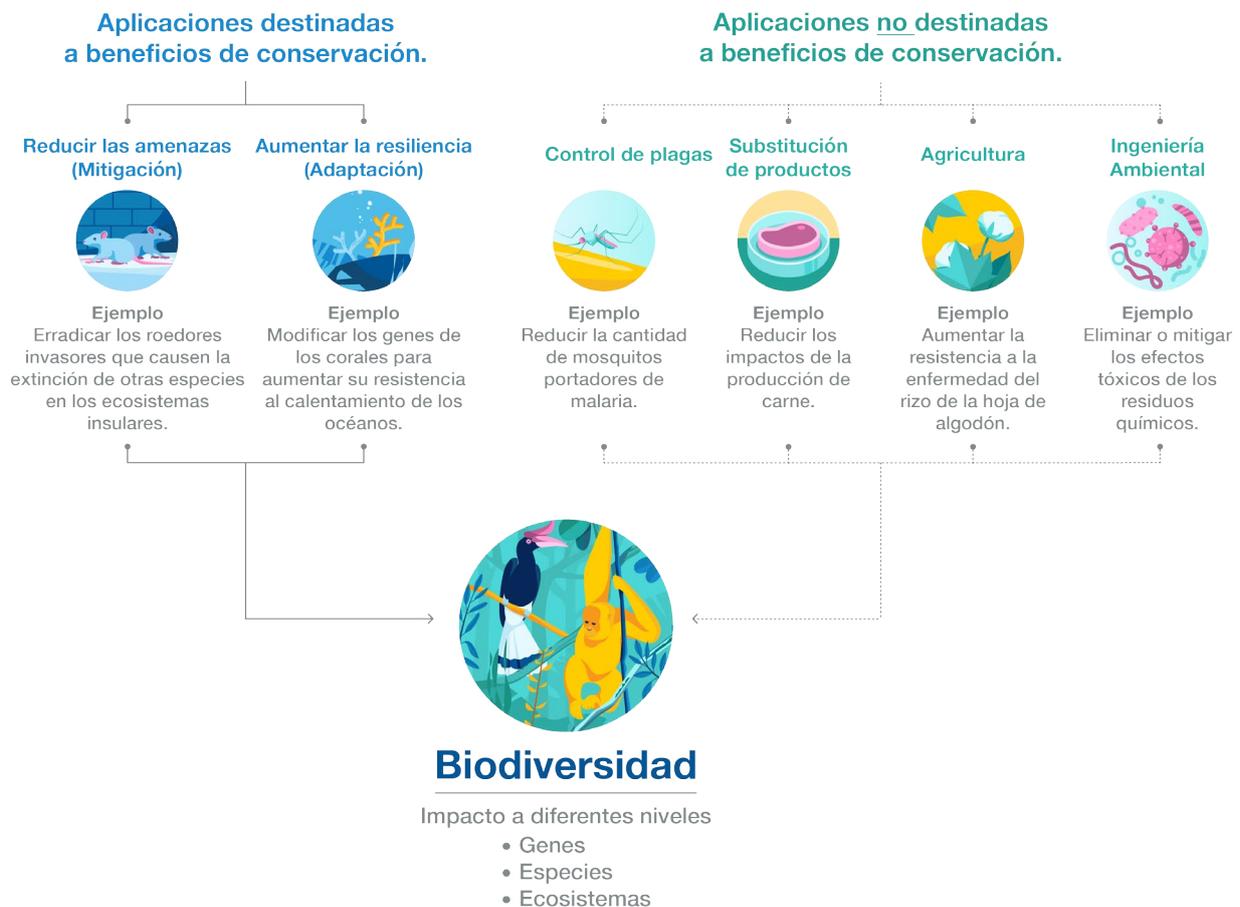


Figura 5 Formas en que la biología sintética puede afectar la conservación

ante esas amenazas (o adaptación). Un ejemplo de mitigación que se está explorando es el uso de la impulsión genética para erradicar roedores invasores en las islas, una de las principales causas de extinciones animales en esos ecosistemas. Un ejemplo de adaptación podría ser la modificación de los genes de los corales para aumentar su capacidad de resistir a los impactos del calentamiento de los océanos como resultado del cambio climático.

Las aplicaciones de la segunda categoría no están diseñadas con un fin de conservación específico en mente, pero podrían tener un impacto indirecto, ya sea positivo o negativo. Por ejemplo, los esfuerzos para eliminar o reducir grandemente los mosquitos que transmiten la malaria utilizando enfoques de biología sintética podrían erradicar una de las principales causas de mortalidad infantil en el África Subsahariana, una prioridad de salud pública mundial. Si estos esfuerzos,

que combinan la biología sintética con enfoques más tradicionales, son eficaces, los cambios en los patrones demográficos y la urbanización podrían dar lugar a cambios significativos en los patrones de uso de la tierra, con impactos desconocidos en la biodiversidad, aunque lo mismo se podría aplicar a cualquier programa eficaz de eliminación de enfermedades.

Evidencia

Basándose en los trabajos ya realizados por el Convenio sobre la Diversidad Biológica, esta evaluación tiene como objetivo proporcionar a la UICN un análisis claro, basado en la mejor evidencia disponible, de las cuestiones relativas a los sistemas de impulsión genética y otros aspectos relevantes de la biología sintética que puedan tener un impacto, positivo o negativo, en la conservación de la biodiversidad. Si bien la idea de que la conservación tiene que ser

una tarea basada en hechos es sorprendentemente reciente, el argumento es convincente: la práctica de la conservación tiene que ser rigurosa y defendible, basada en normas imparciales y libres de cualquier ideología o sesgo político y, al mismo tiempo, transparente en su defensa del mundo natural. Desde sus inicios, la biología de la conservación se ha visto a sí misma como algo análogo a la medicina: una disciplina de crisis arraigada pero no completamente contenida en el método científico. Como tal, el desarrollo de la práctica médica basada en hechos ha sido un modelo poderoso para avanzar hacia una expansión similar del uso de los hechos en conservación.

Sin embargo, existen dos desafíos para desarrollar un enfoque basado en hechos para la biología sintética y la conservación, como estipulado en la Resolución de la UICN. La primera es que la intersección de los dos campos ofrece una ilustración perfecta de un “problema perverso”: mal definido, sin límites claros, sin respuesta correcta, y dependiente del contexto y del juicio político para su resolución. La segunda es que mientras que la biología sintética está avanzando rápidamente, la mayoría de los avances relevantes para la conservación todavía están confinados al laboratorio. La experiencia de aplicar las herramientas y técnicas de biología sintética a problemas reales de conservación en paisajes terrestres y marinos es casi nula. Así que estamos evaluando posibles riesgos y beneficios con datos limitados, y determinar lo que se considera como el mejor conocimiento disponible para la evaluación de la biología sintética para la conservación es un reto en sí mismo.

La aplicación de la biología sintética a la conservación aún se encuentra en su fase inicial. Esto hace que el requisito de que esta evaluación utilice un planteamiento basado en hechos sea más difícil, pero aún más vital. Mientras que los debates políticos involucran necesariamente valores y preferencias, las afirmaciones en apoyo o en oposición a la biología sintética derivadas principalmente de estos debates se tienen que diferenciar de aquellas basadas en hechos. Por lo tanto, esta evaluación tiene como objetivo aclarar el estado de este campo de investigación a partir de los posibles beneficios y perjuicios discernibles hasta la fecha. No puede ser, ni pretende ser, una evaluación de riesgos

exhaustiva. Más bien, el objetivo de esta evaluación es informar las deliberaciones futuras y mejorar la comprensión de las diferentes maneras en que se genera, utiliza e interpreta la evidencia sobre el impacto potencial de la biología sintética en la conservación.

— El camino por delante

Esta evaluación es el inicio de un proceso que llevará a la elaboración y aprobación de una política de la UICN para guiar la Directora General, las Comisiones y los Miembros, y que también promoverá una mayor atención del público al tema de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad. Dicha atención es esencial, dado el impacto potencial de los descubrimientos científicos y de las futuras decisiones de política, así como la necesidad de amplias alianzas para hacer frente a los retos que las comunidades de la conservación y de la biología sintética tendrán que enfrentar inevitablemente.

Un elemento crucial de este proceso será reconocer y solicitar las perspectivas indígenas y tradicionales sobre la biología sintética. Algunos trabajos en este sentido ya están en marcha, por ejemplo, con las comunidades tribales y el posible despliegue de castaños americanos genéticamente modificados en los territorios históricos de los pueblos haudenosaunee, en el noreste de los Estados Unidos. Otras iniciativas se centran en las comunidades maoríes de Nueva Zelanda, partiendo de la base de que no existe una “perspectiva” única de los maorís sobre la biología sintética, sino más bien, muchas, y que la comprensión de esta variedad de opiniones requiere un compromiso profundo con diversos miembros de las comunidades potencialmente afectadas.

Científicos, abogados, éticos y otros también han comenzado a reflexionar sobre las consecuencias de la biología sintética, y los públicos de todo el mundo también están comenzando a darse cuenta de que deben prestar atención a las ramificaciones de este campo complejo y de gran alcance. Los puntos de contacto entre la conservación y la biología sintética son muchos, y las preguntas profundas. Sin embargo, la mayoría de las personas que trabajan en esos campos permanecen separadas, compartiendo poco

lenguaje o comprensión comunes de los problemas que pretenden resolver y de las oportunidades que cada una puede proporcionar a la otra. Esta evaluación revela que el diálogo entre las comunidades de la biología sintética y de la conservación puede ser productivo, y en particular que no sólo los biólogos sintéticos tienen un papel importante que desempeñar para guiar el futuro de la conservación, sino también el contrario: los conservacionistas tienen un papel importante que jugar a la hora de guiar el desarrollo de la biología sintética.

Coda

Esta evaluación técnica se publicó para su revisión en septiembre de 2018, y se recibieron 756 comentarios de una amplia gama de actores, incluyendo la sociedad civil y los gobiernos. El 18 de noviembre de 2018, se hizo una presentación de la evaluación a unas 130 personas, durante la XIV Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica en Sharm el Sheikh, Egipto. Ambas oportunidades para comentarios generaron una diversidad de respuestas positivas y negativas, incluyendo críticas a la selección de los autores y las limitaciones del proceso. El Subgrupo Técnico ya era consciente de muchas de estas preocupaciones (véase más arriba), pero el proceso de comentarios y revisión ofreció una valiosa oportunidad de volver a insistir en cuestiones clave. Concretamente, algunos plantearon la preocupación de que los autores de la evaluación no representan toda la diversidad de actores que podrían verse afectados por las aplicaciones de la biología sintética y la impulsión genética, e incluyen aquellos que trabajan directamente en aplicaciones de la biología sintética.

Estas son preocupaciones válidas: es imposible que la autoría de tal evaluación pueda abarcar toda la diversidad geográfica, de disciplinas y modos de vida y, para ser factible, la evaluación, efectivamente, involucró

aquellos altamente conocedores de las tecnologías, y especialmente aquellos que han estado trabajando en las fronteras de la innovación. Otra preocupación basada en los comentarios y las entrevistas publicadas posteriormente fue que las aplicaciones de la biología sintética para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, como las que se mencionan en esta evaluación, sirvan de “cortina de humo” para obtener las aprobaciones sociales o regulatorias que beneficiarán futuras aplicaciones perjudiciales de estas tecnologías.

Reconociendo estas preocupaciones, esta evaluación se basó en la hipótesis de que los usos potenciales de la biología sintética y los sistemas de impulsión genética deben considerarse caso por caso. El hecho de que una aplicación pueda ser beneficiosa en un determinado contexto social, político, económico y ecológico no implica que esta misma tecnología sea igualmente beneficiosa en otro contexto. Por otra parte, diferentes aplicaciones requieren evaluaciones diferentes, aunque algunos conocimientos puedan ser transferibles. Los defensores de ambos extremos agrupan todas las aplicaciones de la biología sintética en un mismo juicio sumario. Esta amalgama esconde la complejidad de los temas a favor de políticas altamente sesgadas que no permiten distinguir las diferentes aplicaciones de la biología sintética que puedan ser beneficiosas, perjudiciales o una mezcla de ambas. Por lo tanto, esta evaluación no debe interpretarse como un juicio, positivo o negativo, de la biología sintética en su conjunto o incluso del conjunto de aplicaciones de la biología sintética para la conservación. Más bien, pretende ser una discusión inicial de los factores que deberán ser considerados en la toma de decisiones caso por caso por la amplia gama de partes interesadas relevantes, en base a un acceso libre a toda la información, y guiada por el principio de precaución.

Mensajes clave

Cada una de las secciones principales de los Mensajes Clave está vinculada a las partes (capítulos o secciones) de la evaluación de la que procede. Para cada una de las secciones, se añade una indicación del nivel de confianza correspondiente, utilizando un sistema modificado de la IPBES (IPBES, 2016) y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Moss & Schneider, 2000) (Figura 6).



Figura 6 Términos de incertidumbre cualitativa. Síntesis de Moss & Schneider (2000) e IPBES (2016).

1. Implicaciones para la conservación

La biología sintética y la impulsión genética tienen importantes implicaciones para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica {1.1, 4.3}, a la vez directas {5} e indirectas {6} (bien establecido).

Si bien la mayoría de productos de la biología sintética y de la impulsión genética no están diseñados como aplicaciones de conservación {1.6} (*bien establecido*), algunos, no obstante, tendrán impactos sustanciales en las prácticas y los resultados de conservación {6.1} (*establecido pero incompleto*).

2. Nuevas herramientas

Se necesitan nuevas herramientas para la conservación efectiva y el uso sostenible de la diversidad biológica {1,1} (bien establecido).

En los últimos años, medidas mundiales, regionales

y nacionales que promueven la conservación de la biodiversidad han dado lugar a algunos éxitos, pero globalmente, la biodiversidad sigue disminuyendo {4.3} (*bien establecido*). La conservación de la biodiversidad requiere la aplicación continua de enfoques probados, pero el escalamiento de estos esfuerzos hasta el nivel necesario para revertir la disminución continuará siendo un gran desafío, dada la naturaleza aparentemente insoluble de algunas de las amenazas {5.1} (*bien establecido*). Algunas aplicaciones de la biología sintética y de la impulsión genética, si se diseñan y se enfocan adecuadamente, podrían mejorar la conservación de la biodiversidad, por ejemplo, reduciendo las amenazas {5,2} y aumentando la resiliencia de las especies a estas amenazas {5,3} (*especulativo*).

3. Crecimiento rápido

La práctica de la biología sintética está aumentando rápidamente, con importantes avances prometidos y algunos ya efectivos en múltiples sectores {1.6} (bien establecido).

En los últimos 15 años el crecimiento de las empresas del sector se ha multiplicado por cinco, con inversiones públicas y privadas que se aproximan a los 10.000 millones de dólares durante este período (*establecido pero incompleto*). Se encuentran laboratorios de biología sintética en todo el mundo en universidades, empresas y espacios no tradicionales como los laboratorios comunitarios de biotecnología. Cada vez más jóvenes aprenden a usar estas tecnologías {6.6} (*bien establecido*). La naturaleza distribuida del acceso a las técnicas de biología sintética (*bien establecido*) presenta tantas oportunidades como desafíos para la comunidad de la conservación {1.6, 2.3, 6.6} (*especulativo*).

4. Impulsión genética

Los sistemas de impulsión genética pueden ser una herramienta transformadora para aplicaciones de conservación directa {5.2.1, 5.3.1} (*especulativo*), así como en otros sectores como la salud pública {6.3} (*especulativo*), donde podrían tener un impacto indirecto en la conservación

{5.2.1, 5.3.1, 6.3}. Los sistemas de impulsión genética todavía tardarán años para ser implementados {5.2.1, 5.3.1, 6.3} (*establecido pero incompleto*) a pesar de la velocidad a la que esta tecnología se está desarrollando {1.4} (*explicaciones contradictorias*). La experiencia de la comunidad de la conservación es vital para los responsables del desarrollo y despliegue de sistemas de impulsión genética {5.2.1, 5.3.1, 6.3} (*bien establecido*).

5. Impactos beneficiosos para la conservación

La biología sintética y la impulsión genética pueden ser beneficiosas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad {4-6} (*especulativo*). Por ejemplo, protegiendo especies amenazadas de enfermedades o de las amenazas climáticas {5.3.1} (*especulativo*), erradicando especies invasoras {5.2.1} (*especulativo*), aumentando la diversidad genética en pequeñas poblaciones de especies amenazadas {5.3.1} (*especulativo*), restableciendo un representante de una especie extinguida {5.3.2} (*especulativo*), restaurando ecosistemas degradados {6,5} (*especulativo*), o substituyendo productos {5.2.2, 6.4} (*establecido pero incompleto*).

6. Impactos perjudiciales para la conservación

La biología sintética y la impulsión genética pueden ser perjudiciales para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad {4-6} (*especulativo*). Los efectos perjudiciales pueden derivarse del movimiento de genes o de la fuga de organismos genéticamente modificados portadores de genes, impactando a poblaciones o especies no-objetivo {5.2-5.3, 6.2-6.4} (*especulativo*), de cambios en los roles ecológicos desempeñados por los organismos objetivo {5.2, 6.3} (*especulativo*), de efectos ecosistémicos más amplios {6.2} (*especulativo*), de una substitución de productos que exacerbe un problema de conservación {5.2.2} (*explicaciones contradictorias*), de efectos socioeconómicos de la substitución de productos en los medios de subsistencia y en las pautas de producción y consumo {6.4} (*explicaciones contradictorias*), del desvío de financiamientos de otros enfoques de conservación {5.1, 5.4} (*especulativo*) y del riesgo moral de minimizar

la urgencia y la importancia de la conservación de la biodiversidad {2.3, 5.1} (*especulativo*).

7. Valores y cosmovisión

Los valores, las cosmovisiones y las experiencias vividas influyen en el desarrollo, la evaluación y la gobernanza de la biología sintética y la impulsión genética {2-3} (*bien establecido*). Por lo tanto, para producir evidencia para una toma de decisiones relevante para la conservación, los métodos y normas científicos operan dentro de los contextos definidos por la formulación de problemas y soluciones, la integración de múltiples perspectivas y tipos de habilidades, y en quién se confía para producir conocimientos creíbles {3} (*bien establecido*). La participación de las comunidades y partes interesadas es una de las soluciones propuestas para ayudar a gestionar esta complejidad {2.3, 3.4} (*establecido pero incompleto*).

8. Comunidades indígenas y locales

Las comunidades indígenas y locales son actores clave en la investigación, la gobernanza y las decisiones en torno a la biología sintética y la impulsión genética para la conservación (*bien establecido*). La biología sintética tiene efectos positivos y negativos potencialmente significativos en las comunidades locales e indígenas, que administran, regulan, residen o dependen de una gran parte de la biodiversidad mundial {5-6} (*bien establecido*). Históricamente, la participación de las comunidades indígenas y locales ha sido limitada, tanto a nivel de proyecto como a nivel mundial (*establecido pero incompleto*). Recientemente ha habido llamamientos para un reconocimiento de los derechos de las comunidades indígenas y locales en la toma de decisiones en torno a la biología sintética y la impulsión genética {2.1} (*bien establecido*). Ha habido algunos intentos de involucrarlas en iniciativas de biología sintética {2.3} (*establecido pero incompleto*).

9. Gobernanza

Varias estructuras de gobernanza existentes son relevantes para la biología sintética (*bien establecido*), pero la biología sintética y la impulsión genética también plantean preguntas y desafíos para estos marcos (*explicaciones contradictorias*). Los marcos de gobernanza relevantes incluyen marcos jurídicos internacionales,

regionales y nacionales, así como sistemas de gobernanza religiosos, consuetudinarios e indígenas, y normas y prácticas científicas {2.2} (*bien establecido*). Los desafíos están relacionados con el grado en que las aplicaciones actuales y futuras de la biología sintética y de la impulsión genética están incluidas en las reglamentaciones, normas y procesos existentes (*explicaciones contradictorias*), la aplicación y el cumplimiento de estos marcos en el contexto de la accesibilidad de las partes y herramientas (*establecido pero incompleto*), los diferentes niveles de capacidad de gobernanza entre las jurisdicciones (*bien establecido*), los mecanismos para hacer frente a los daños ambientales, y en particular los impactos transfronterizos (*establecido pero incompleto*) y la capacidad de los marcos de gobernanza para mantenerse al día con el ritmo acelerado de la innovación tecnológica {2.3} (*explicaciones contradictorias*).

10. Evaluación del riesgo

Esta “Evaluación de la biología sintética y la conservación de la biodiversidad” no es ni una evaluación de riesgos de aplicaciones individuales de la biología sintética y de la impulsión genética, ni de estas tecnologías en su conjunto {3.4, 4.3} (*bien establecido*).

La diversidad de aplicaciones, de los mecanismos que se pueden utilizar y de los contextos en que se pueden implementar, se opone a una evaluación de los riesgos y beneficios de esta tecnología en su conjunto (*bien establecido*). Esta evaluación analiza las aplicaciones existentes y propuestas de la biología sintética y de los sistemas de impulsión genética relevantes para la conservación y explora cómo pueden ser beneficiosas y perjudiciales para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Los beneficios y riesgos para la conservación de las aplicaciones de la biología sintética varían según el caso.

Referencias

- Chopra, P. and Kamma, A. (2006). 'Engineering life through Synthetic Biology.' *In silico biology* 6(5):401–10. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17274769> (Accessed: 16 November 2018).
- Cook, C. N., Nichols, S.J., Webb, A., Fuller, R.A. and Richards, R.M. (2017). 'Simplifying the selection of evidence synthesis methods to inform environmental decisions: A guide for decision makers and scientists.' *Biological Conservation* 213:135–145. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2017.07.004>
- Freinkel, S. (2009). *The American Chestnut: The Life, Death, and Rebirth of a Perfect Tree*. University of California Press.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2016). *Summary for policymakers of the assessment report on the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Bonn.
- Kyrou, K., Hammond, A.M., Galizi, R., Kranjc, N., Burt, A., Beaghton, A.K., Nolan, T. and Crisanti, A. (2018). 'A CRISPR–Cas9 gene drive targeting doublesex causes complete population suppression in caged *Anopheles gambiae* mosquitoes'. *Nature Biotechnology* 36(11): 1062–1066. <https://doi.org/10.1038/nbt.4245>
- Moss, R. and Schneider, S. (2000). 'Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting'. In: R. Pachauri, T. Taniguchi and K. Tanaka (eds.) *Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC*, pp. 33–51. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Scholes, R.J., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M., Erasmus, B., Fisher, J., Gardner, T., Holland, T.G., Kohler, F., Kotiaho, J.S., Von Maltitz, G., Nangendo, G., Pandit, R., Parrotta, J., Potts, M.D., Prince, S., Sankaran, M. and Willemen, L. (eds.) (2018). *IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: IPBES secretariat. Available at: <https://research.utwente.nl/en/publications/ipbes-2018-summary-for-policymakers-of-the-assessment-report-on-l> (Accessed: 17 August 2018).
- Westgate, M.J. and Lindenmayer, D.B. (2017). 'The difficulties of systematic reviews'. *Conservation Biology* 31(5):1002–1007. <https://doi.org/10.1111/cobi.12890>



**UNIÓN INTERNACIONAL
PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

SEDE MUNDIAL
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Suiza
mail@iucn.org
Tel +41 22 999 0000
Fax: +41 22 999 0002
www.iucn.org/es