

Instituto Global McKinsey

La biorevolución: innovaciones que transforman las economías, las sociedades y nuestras vidas

13 de mayo de 2020 | Reporte

Los avances en la ciencia biológica podrían transformar las economías y las sociedades, ayudando a enfrentar los desafíos globales desde el cambio climático hasta las pandemias.

Por [Michael Chui](#), [Matthias Evers](#), [James Manyika](#), Alice Zheng y Travers Nisbet

Una confluencia de avances en la ciencia biológica y el desarrollo acelerado de la informática, la automatización y la inteligencia artificial está impulsando una nueva ola de innovación. Esta Bio Revolución podría tener un impacto significativo en las economías y nuestras vidas, desde la salud y la agricultura hasta los bienes de consumo, y la energía y los materiales.

Algunas innovaciones conllevan riesgos profundos arraigados en la naturaleza autosustentable, autorreplicante e interconectada de la biología que defiende un debate serio y sostenido sobre cómo debe proceder esta revolución. Los accidentes pueden tener consecuencias importantes, y, especialmente si se usan de manera poco ética o maliciosa, manipular la biología podría convertirse en una caja de Pandora que, una vez abierta, desata un daño duradero para la salud de los humanos, los ecosistemas o ambos. Los riesgos son particularmente graves porque muchos de los materiales y herramientas son relativamente baratos y accesibles. Además, abordar estos riesgos se complica por la multiplicidad de sistemas de valores jurisdiccionales y culturales, lo que dificulta la colaboración y coordinación entre países.

Sin embargo, las nuevas aplicaciones biológicas ya están mejorando nuestra respuesta a los desafíos mundiales, incluidos el cambio climático y las pandemias. Las respuestas globales al nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) ilustraron avances sustanciales en la ciencia

biológica en los últimos años. La velocidad con la que los científicos secuenciaron el genoma del virus —semanas en lugar de meses— fue testigo del nuevo mundo de la biología descrito en esta investigación. Sin embargo, la secuencia es solo el comienzo: las innovaciones biológicas están permitiendo la rápida introducción de ensayos clínicos de vacunas, la búsqueda de terapias efectivas y una investigación profunda tanto de los orígenes como de los patrones de transmisión del virus.

El alcance potencial y la escala del impacto (directo e indirecto) de las innovaciones biológicas parecen muy sustanciales. Tanto como el 60 por ciento de los aportes físicos a la economía global podrían producirse biológicamente. Alrededor de un tercio de estos insumos son materiales biológicos (como la madera). Los dos tercios restantes no son materiales biológicos, pero podrían, en principio, producirse utilizando procesos biológicos innovadores (por ejemplo, bioplásticos).

Ya se puede ver una cartera de aproximadamente 400 casos de uso, casi todos científicamente factibles hoy en día. Estas aplicaciones por sí solas podrían tener un impacto económico directo de hasta \$ 4 billones al año durante los próximos diez a 20 años. Más de la mitad de este impacto directo podría estar fuera de la salud humana en ámbitos como la agricultura y la alimentación, los productos y servicios de consumo, y la producción de materiales y energía. Teniendo en cuenta los posibles efectos secundarios, las nuevas aplicaciones aún por surgir y los avances científicos adicionales, el potencial total podría ser mucho mayor.

TABLA DE CONTENIDO

- 1. La innovación biológica abarca cuatro arenas.**
- 2. Las nuevas capacidades biológicas podrían generar cambios significativos en las economías y las sociedades.**
- 3. La cartera de aplicaciones de hoy es una fracción de los impactos de largo alcance que se esperan en el futuro**
- 4. La innovación biológica tiene riesgos profundos y únicos.**

5. **En el camino hacia la adopción, la ciencia es solo el punto de partida**
6. **Lograr un equilibrio que permita capturar el potencial mientras se gestionan los riesgos.**

Sección 1

La innovación biológica abarca cuatro arenas.

La ola actual de innovación en biología ha sido impulsada por una confluencia de avances en la ciencia misma, junto con los avances en informática, análisis de datos, aprendizaje automático, inteligencia artificial (IA) e ingeniería biológica que están permitiendo y acelerando el cambio. Esta revolución lleva décadas en desarrollo. El esfuerzo de \$ 3 mil millones y 13 años para mapear el genoma humano que comenzó en 1990 es un componente fundamental, pero el poder de este mapa solo comenzó a materializarse cuando se volvió más barato y más rápido secuenciar el ADN. El costo de la secuenciación del ADN ha disminuido a un ritmo más rápido que la Ley de Moore. Los avances en la detección de bajo costo y alto rendimiento han ayudado a reducir los costos de entrada, acelerar el ritmo de la experimentación y generar nuevas formas de datos, para ayudarnos a comprender mejor la biología.

Las innovaciones se agrupan en cuatro ámbitos: (1) biomoléculas: mapeo, medición e ingeniería de moléculas; (2) biosistemas: la ingeniería de células, tejidos y órganos; (3) biomáquinas: la interfaz entre la biología y las máquinas; y (4) biocomputación: el uso de células o moléculas como el ADN para el cálculo (Anexo 1).

A confluence of breakthroughs in biological science, with the development of computing, automation, and AI, are fueling a new wave of innovation.

4 arenas of biological innovation



Definitions	Biomolecules	Biosystems	Biomachine interfaces	Biocomputing
Mapping	Cellular processes and functions via measuring intracellular molecules (eg, DNA, RNA, proteins) in the study of “omics” ²	Complex biological organizations and processes and interactions among cells	The structure and function of nervous systems of living organisms	Intracellular pathways or networks of cells to return outputs based on specific conditions (for computation)
Engineering ¹	Intracellular molecules (eg, via genome editing)	Cells, tissues and organs, including stem-cell technologies and transplantation	Hybrid systems that connect nervous systems of living organisms to machines	Cells and cellular components for computational processes (storing, retrieving, processing data)
Examples	Gene therapy for monogenic diseases	Cultured meat grown in a lab	Neuroprosthetics for motor control (implant or external headset) of human or robotic limb	Data storage in strands of DNA

¹Design, de novo synthesis, or modification.

²“Omics” refers to technologies that allow the identification and quantification of molecules of a biological system.

Source: McKinsey Global Institute analysis



Los avances importantes en cada una de las cuatro arenas se refuerzan entre sí. En biomoléculas y biosistemas, los avances en tecnologías ómicas y moleculares están mejorando nuestra comprensión de los procesos biológicos, además de permitirnos diseñar biología. También existe la capacidad de diseñar o modificar una célula viva para curar o prevenir enfermedades; Por ejemplo, la innovadora herramienta CRISPR permite a los científicos editar genes con mayor rapidez y precisión que las técnicas anteriores. Esencialmente, el mismo proceso se aplica a la fabricación de todo, desde textiles hasta carne. Los avances en biomachines y biocomputing implican una interacción profunda entre la biología y las máquinas; Cada vez es más posible medir señales neuronales y potenciar neuroprótesis precisas. Ahora también es posible almacenar la gran cantidad de datos del mundo utilizando ADN.

Las nuevas capacidades biológicas podrían generar cambios significativos en las economías y las sociedades.

Las nuevas capacidades biológicas tienen el potencial de traer un cambio radical a las economías y sociedades:

Los medios biológicos podrían utilizarse para producir una gran parte de los materiales físicos de la economía mundial, potencialmente con un mejor rendimiento y sostenibilidad. La fermentación, durante siglos utilizada para hacer pan y elaborar cerveza, ahora se está utilizando para crear telas como la seda de araña artificial. La biología se usa cada vez más para crear materiales novedosos que tienen cualidades únicas, introducen capacidades completamente nuevas, son biodegradables y / o se producen de una manera que emite significativamente menos carbono. Algunas compañías ya están utilizando microbios genéticamente modificados para crear biocombustibles para la aviación y las industrias marinas.

Se está produciendo un mayor control y precisión en la metodología en toda la cadena de valor, desde la entrega hasta el desarrollo y el consumo con más personalización. Los avances en biología molecular han hecho que los procesos de I + D y entrega sean más precisos, predecibles y deliberados, permitiendo un diseño racional en lugar de un descubrimiento por accidente. El aumento del conocimiento de los genomas humanos y los vínculos entre ciertos genes y enfermedades está permitiendo la difusión de la medicina personalizada y la agricultura de precisión.

Técnicamente, un kilogramo de ADN en bruto podría almacenar la totalidad de los datos del mundo.

La capacidad de diseñar y reprogramar organismos humanos y no humanos está aumentando. Las terapias génicas podrían ofrecer curas completas de algunas enfermedades. Los cultivos pueden ser diseñados genéticamente para producir mayores rendimientos y ser más resistentes al calor o la sequía, por ejemplo, rasgos que se están volviendo aún más importantes dado el cambio climático.

Las nuevas metodologías que utilizan la automatización, el aprendizaje automático y la proliferación de datos biológicos están mejorando el descubrimiento, el rendimiento y la productividad en I + D. La biología y la informática juntas están acelerando la I + D, por lo tanto, abordan un desafío de productividad. [El análisis de McKinsey en 2017](#) encontró que la relación entre ingresos y gasto en I + D en la industria biofarmacéutica alcanzó un punto mínimo de productividad entre 2008 y 2011. Las empresas de biotecnología y los institutos de investigación utilizan cada vez más la automatización robótica y los sensores en los laboratorios que podrían aumentar el rendimiento hasta diez veces. La analítica avanzada que utiliza el aprendizaje automático puede proporcionar mejores conocimientos durante el proceso de I + D.

El potencial está creciendo para las interfaces entre sistemas biológicos y computadoras. Una nueva generación de interfaces de biomachine se basa en la interacción cercana entre humanos y computadoras. Dichas interfaces incluyen neuroprotésica que restaura las funciones sensoriales perdidas (visión biónica) o permite que las señales del cerebro controlen el movimiento físico. Se están investigando las biocomputadoras que utilizan la biología para imitar el silicio, incluido el uso de ADN para almacenar datos. El ADN es aproximadamente un millón de veces más denso que el almacenamiento en disco duro; técnicamente, un kilogramo de ADN crudo podría almacenar la totalidad de los datos del mundo.

Seccion 3

La cartera de aplicaciones de hoy es una fracción de los impactos de largo alcance que se esperan en el futuro

Para esta investigación, se compiló una biblioteca de aproximadamente 400 casos de uso que ya constituyen una tubería visible para los próximos años. La biblioteca comprende aplicaciones que son científicamente factibles hoy y que probablemente serán comercialmente viables para 2050. Durante los próximos diez a 20 años, estas aplicaciones por sí solas podrían tener un impacto económico directo de entre \$ 2 billones y \$ 4 billones a nivel mundial por año.

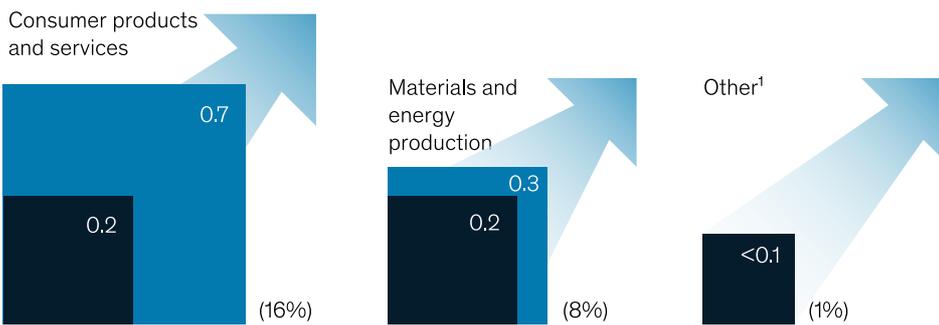
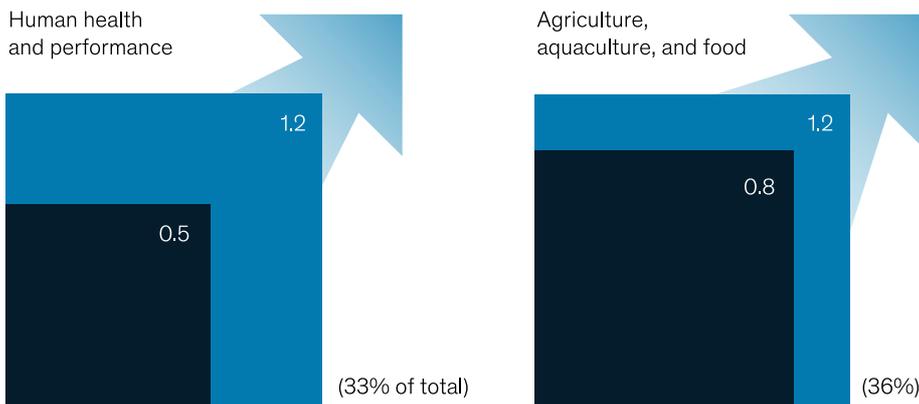
La salud y el rendimiento humanos tienen la línea más clara desde la investigación hasta la comercialización. La ciencia es avanzada, y el mercado generalmente acepta innovaciones. Sin embargo, es probable que más de la mitad del impacto directo de las

aplicaciones en la biblioteca durante los próximos diez a 20 años sea externo a la salud, principalmente en la agricultura y los productos de consumo (Anexo 2).

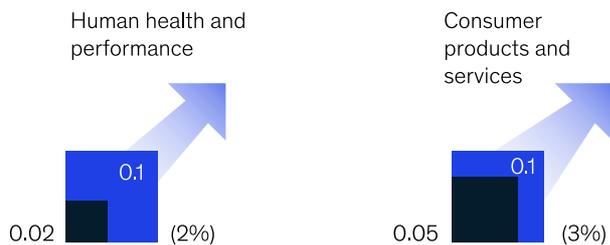
More than half of the impact is outside of healthcare in agriculture, consumer, and other areas.

Partial estimate of range of annual potential direct economic impact by domain, 2030–40, \$ trillion

BIOMOLECULES AND BIOSYSTEMS \$1.7–3.4 (95% of total)



BIOMACHINE INTERFACES \$0.1–0.2 (5% of total)



BIOCOMPUTING <\$0.001 (<1% of total)



Note: Figures may not sum to 100%, because of rounding. These impact estimates are not comprehensive; they include only potential direct impact of the visible pipeline of applications identified and assessed. Estimates do not represent GDP or market size (revenue), but direct economic impact; broader knock-on economic effects are not included. Estimates are relative to the 2020 economy; they do not include changes in variables such as demographics and inflation. ¹Other applications include defense and security, undoing environmental harm, and education and talent. Source: McKinsey Global Institute analysis

Durante este período, las aplicaciones tenderán a estar en cuatro dominios clave:

Salud humana y rendimiento. Las aplicaciones incluyen terapias celulares, genéticas y de ARN para tratar o incluso prevenir enfermedades, una gama de tratamientos antienvjecimiento para prolongar la vida útil, innovaciones en medicina reproductiva y mejoras en el desarrollo y entrega de medicamentos y nuevos modelos predictivos de salud y enfermedad humana. Se están explorando muchas más opciones y están disponibles para tratar enfermedades monogénicas (causadas por un solo gen) como la anemia falciforme, enfermedades poligénicas como las enfermedades cardiovasculares y enfermedades infecciosas como la malaria. El impacto potencial anual anual directo se estima en \$ 0.5 trillones a \$ 1.3 trillones en los próximos diez a 20 años, o el 35 por ciento del total (incluido el impacto de las interfaces de biomáquina).

Agricultura, acuicultura y alimentación. Las aplicaciones en este dominio incluyen nuevas e innovadoras formas de realizar la cría de animales y plantas utilizando marcadores moleculares o genéticos que son muchas veces más rápidos que los métodos establecidos de cría selectiva; herramientas nuevas y más precisas para la ingeniería genética de plantas; trabajo de rápido desarrollo utilizando el microbioma de plantas, suelo, animales y agua para mejorar la calidad y productividad de la producción agrícola; y el desarrollo de proteínas alternativas, incluida la carne cultivada en laboratorio. El impacto anual directo podría estar entre aproximadamente \$ 0,8 billones y \$ 1,2 billones en los próximos diez a 20 años, o el 36 por ciento del total.

Productos y servicios de consumo. Se están abriendo oportunidades para usar volúmenes crecientes de datos biológicos para ofrecer a los consumidores productos y servicios personalizados basados en su composición biológica. Las aplicaciones en este dominio incluyen pruebas genéticas directas al consumidor, belleza y cuidado personal cada vez más basadas en un mayor conocimiento del microbioma a medida que se propagan las pruebas de microbioma, y enfoques innovadores para el bienestar (o estado físico) no solo en humanos sino también en mascotas. Podría haber un impacto económico directo anual durante los próximos diez a 20 años de \$ 200 mil millones y \$ 800 mil millones, o el 19 por ciento del total (incluido el impacto de las interfaces de biomáquina).

El impacto global anual directo de la Biorevolución podría ser de \$ 2 billones a \$ 4 billones en 2030-40.

Materiales, productos químicos y energía. Las nuevas formas biológicas de hacer y procesar materiales, productos químicos y energía podrían transformar muchas industrias y nuestra vida cotidiana, aunque la economía es un desafío. Las aplicaciones en este

dominio incluyen innovaciones relacionadas con la producción de materiales, como procesos de fermentación mejorados, nuevos bioroutes que utilizan la capacidad de editar el ADN de los microbios para desarrollar materiales novedosos con propiedades completamente nuevas (los tejidos de reparación automática son un ejemplo), y construir sobre los avances en biocombustibles para innovar nuevas formas de almacenamiento de energía. Durante los próximos diez a 20 años, el impacto global anual directo podría ser de \$ 200 mil millones a \$ 300 mil millones al año, o el 8 por ciento del total.

La biología tiene muchas otras aplicaciones potenciales, aunque es probable que algunas de ellas estén más avanzadas en el futuro. Podría desplegarse para ayudar al medio ambiente a través de biosequestración, utilizando procesos biológicos para capturar las emisiones de carbono de la atmósfera, y la biorremediación. El impacto también está surgiendo en las interfaces de biomáquina y la biocomputación, donde la ciencia y el desarrollo se encuentran en una etapa temprana, pero las aplicaciones son prometedoras. Las aplicaciones que ya se han desarrollado incluyen neuroprotésica para restaurar la audición y la visión.

El impacto potencial directo de los cerca de 400 casos de uso puede ser solo una pequeña porción de la escala potencial de impacto. Se están desarrollando muchas otras innovaciones en laboratorios privados o en la industria de la defensa, donde los desarrollos permanecen confidenciales por razones comerciales o de seguridad nacional.

Eventualmente, el impacto se irradiará a casi todos los sectores de la economía con efectos en las sociedades y el medio ambiente a medida que la innovación biológica transforma los fondos de ganancias, las cadenas de valor y los modelos comerciales. En los próximos años, si no está utilizando la biología para fabricar productos, es muy probable que los esté consumiendo. El impacto podría ir mucho más allá, con la biología potencialmente utilizada para abordar algunos de los grandes desafíos de nuestro tiempo, incluida la mitigación del cambio climático . Para 2040 a 2050, las aplicaciones directas que dimensionamos podrían reducir las emisiones anuales promedio de gases de efecto invernadero producidas por el hombre en un 7 a 9 por ciento desde los niveles de emisiones de 2018.

Sección 4

La innovación biológica tiene riesgos profundos y únicos.

Los riesgos profundos acompañan este aumento de la innovación en biología. Hazlo bien y los beneficios podrían ser muy significativos; hacerlo mal y podría haber consecuencias desastrosas a nivel de la población. Estos riesgos introducen un conjunto único de consideraciones que, si no se gestionan adecuadamente, podrían superar los beneficios prometidos de una aplicación en particular:

- *La biología es autorreplicante, autosustentable y no respeta los límites jurisdiccionales.* Por ejemplo, los nuevos impulsos genéticos diseñados genéticamente aplicados a los vectores que transmiten enfermedades (mosquitos en el caso de la malaria) podrían tener enormes beneficios para la salud, pero dichos impulsos genéticos pueden ser difíciles de controlar y potencialmente pueden cambiar los ecosistemas permanentemente.
- *La naturaleza interconectada de la biología puede aumentar el potencial de consecuencias no deseadas.* Los cambios en una parte del sistema pueden tener efectos en cascada y consecuencias no deseadas en ecosistemas o especies enteros. La edición de genes también podría tener efectos no deseados o "fuera del objetivo".
- *Las barreras de entrada bajas abren la puerta al posible mal uso con consecuencias potencialmente fatales.* Algunas tecnologías biológicas son relativamente baratas y accesibles. Los kits comerciales para realizar la edición de genes CRISPR se venden de manera relativamente barata en Internet.
- *Los sistemas de valores diferentes hacen que sea difícil forjar un consenso, incluso sobre temas de vida o muerte.* Las cuestiones técnicas y científicas, como la edición de embriones, se convierten rápidamente en preguntas morales y, a menudo, las decisiones sobre estas cuestiones son expresiones del sistema de valores de uno. El desafío de la cooperación y coordinación de los sistemas de valores entre culturas y jurisdicciones no es una tarea fácil, particularmente cuando los avances en estos dominios científicos podrían verse como una ventaja competitiva única para las empresas o las economías.
- *Los problemas de privacidad y consentimiento son fundamentales.* Las preocupaciones sobre la privacidad personal y el consentimiento son abundantes, dado que la piedra angular de los avances biológicos son los datos extraídos de nuestros cuerpos y cerebros.

- *El acceso desigual podría perpetuar la disparidad socioeconómica, con efectos potencialmente regresivos.* Los avances biológicos y sus aplicaciones comerciales pueden no ser accesibles para todos en igual medida, exacerbando así la disparidad socioeconómica. A nivel de país, los desarrollos están avanzando más rápido y más ampliamente en países relativamente ricos.

Estos riesgos exigen una respuesta considerada y enfoques potencialmente nuevos. En oleadas pasadas de cambio tecnológico, la regulación ha surgido en respuesta a las innovaciones; En biología, hay un fuerte argumento para un enfoque proactivo. La regulación será importante, pero también lo será la supervisión y el monitoreo de la ciencia incluso a medida que se desarrolle. Las elecciones que hagan los científicos ayudarán a determinar qué tipos de tecnologías se desarrollan. La colaboración y coordinación internacional serán valiosas ya que la biología no respeta las fronteras, como lo experimentamos a principios de 2020 con la rápida propagación de COVID-19.

Sección 5

En el camino hacia la adopción, la ciencia es solo el punto de partida

Deben abordarse los riesgos, pero más allá de eso hay muchas etapas para negociar a medida que las innovaciones pasan del laboratorio a la adopción. El viaje a la adopción tiene tres etapas amplias: investigación científica; comercialización y luego difusión. Para que las aplicaciones biológicas difundan y generen impacto, seis factores generales juegan un papel; determinan si se produce la adopción y cuánto tiempo lleva:

- *Inversión en investigación científica.* La financiación, las herramientas, el talento y el acceso a los datos son elementos necesarios y poderosos de la inversión necesarios para que los científicos tengan éxito. Tiende a llevar años de investigación e inversiones considerables en estas capacidades para tener una idea hasta el punto en que un producto o servicio sea científicamente factible.
- *Cuatro factores juegan un papel en la comercialización y difusión.* Primero, un nuevo producto o servicio basado en la biología necesita competir con los productos y servicios existentes no solo en costo sino también ofreciendo propiedades de mayor calidad o nuevas propiedades o, de hecho, satisfaciendo una necesidad no satisfecha por las ofertas existentes. El segundo factor es si los modelos de negocio son adecuados para lo que puede ser un panorama que cambia

rápidamente. Tercero, un nuevo producto y servicio basado en la biología necesita alcanzar a los clientes potenciales correctos con elementos de comercialización que incluyen precios, ventas y marketing. El cuarto factor es la capacidad de ampliar las operaciones.

- *Riesgo y mecanismos que rigen el uso.* Dados los riesgos profundos y únicos que acompañan a la innovación biológica, los mecanismos que rigen el uso, incluida la amplia aceptación de la sociedad y la regulación, son clave en todas las etapas. Alrededor del 70 por ciento del impacto potencial total podría depender de la aceptación de los consumidores, la sociedad y las regulaciones, según un análisis de áreas donde existen regulaciones hoy en día en las principales economías.

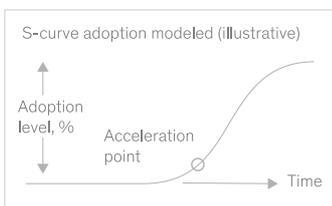
El ritmo y el alcance de la adopción variarán enormemente según la aplicación y el dominio. Algunas aplicaciones que incluyen el uso de nuevos bioroutes para fabricar medicamentos ya muestran signos sólidos de adopción comercial temprana. Otros, como la terapia con células T CAR para el cáncer, recientemente se han vuelto comercialmente viables, la adopción es temprana y podría aumentar rápidamente a corto plazo en la próxima década. Sin embargo, otros, como el uso de plantas genéticamente modificadas para secuestrar CO₂, son prometedores en la investigación científica, pero es probable que la viabilidad comercial y la adopción por parte de los agricultores u otros compradores estén más lejos (Anexo 3).

Among applications assessed, adoption timing varies.

Example use-cases of estimated time horizon of acceleration point

The acceleration point is when adoption starts to experience rapid growth¹

	Existing Before 2020	Short term 2020–30	Medium term 2030–40	Long term Beyond 2040
Human health and performance	<ul style="list-style-type: none"> Carrier screening Noninvasive prenatal testing 	<ul style="list-style-type: none"> CAR T-cell therapies for liquid tumors Lipid biopsy 	<ul style="list-style-type: none"> Gene drives to reduce vector-borne diseases CAR T-cell therapies for solid tumors 	<ul style="list-style-type: none"> Transplantable organs produced from stem cells Embryo editing for medical purposes (eg, via CRISPR)
Agriculture, aquaculture, and food	<ul style="list-style-type: none"> Marker-assisted breeding (crops and animals used for food) Genetic tracing of food origin, safety and authenticity (eg, allergens, species, pathogens) 	<ul style="list-style-type: none"> Plant-based proteins Crop microbiome diagnostics and probiotic treatments 	<ul style="list-style-type: none"> Cultured meat Genetically engineered animals—faster growth 	<ul style="list-style-type: none"> Genetically engineered crops—faster growth through enhanced photosynthesis
Consumer products and services	<ul style="list-style-type: none"> DTC genetic testing—ancestry 	<ul style="list-style-type: none"> Personalized meal services based on genetic and microbiome profile DTC genetic testing—personal insights about health and lifestyle 	<ul style="list-style-type: none"> Biosensors for monitoring of personal health, nutrition, and fitness based on “omics”² data 	<ul style="list-style-type: none"> Gene therapy—skin aging
Materials, chemicals, and energy	<ul style="list-style-type: none"> New bioroutes for drug manufacturing (eg, peptides) 	<ul style="list-style-type: none"> Novel materials—biopesticides/biofertilizers (eg, RNAi pesticides) Improve existing fermentation processes—food and feed ingredients (eg, amino acids, organic acids) 	<ul style="list-style-type: none"> Novel materials—biopolymers (eg, PLA, PET) 	<ul style="list-style-type: none"> Biosolar cells and biobatteries
Other applications	<ul style="list-style-type: none"> DNA sequencing for forensics 		<ul style="list-style-type: none"> Biosequestration of CO₂ Bioremediation for pollution 	



Note: See chapter 6 of the report for the full list of applications that we sized in these domains.
¹The point at which adoption accelerates. We characterize this as the max of the second derivative of the adoption curve—see our technical appendix for more detail. Adoption level and timing for each use case depend on many variables, including commercial availability, regulation, and public acceptance. These estimates are not fully risk or probability adjusted. ²“Omics” refers to technologies that allow the identification and quantification of molecules of a biological system.
 Source: McKinsey Global Institute analysis

Lograr un equilibrio que permita capturar el potencial mientras se gestionan los riesgos.

Dada la amplitud de los cambios que probablemente se avecinan, los innovadores, las empresas, los gobiernos y las personas deben saber leer y escribir sobre ciencias biológicas para comprender los cambios fundamentales en curso, aprovechar los grandes beneficios potenciales, pero de una manera que asegure que la innovación sea segura para los ciudadanos y la sociedad.

Innovadores. Los científicos gobiernan sus propios procesos de investigación. La revisión por pares es un poderoso mecanismo de gobierno interno para garantizar que la investigación sea precisa y esté bien fundada. Pero los científicos no pueden operar en el vacío; hasta cierto punto, deben tener en cuenta las opiniones de la sociedad en la investigación que propagan. La comunidad científica debe desempeñar un papel de supervisión consistente y efectivo.

Las empresas deben considerar cómo aprovechar la innovación biológica, potencialmente adaptar las estrategias. La Biorevolución podría transformar cadenas de valor completas, y las compañías en prácticamente todos los sectores pueden necesitar adaptar estrategias. Dada la incertidumbre y el tiempo de adopción evidentemente variado para diferentes aplicaciones, las empresas deberían considerar un enfoque de inversión basado en la cartera. Por su naturaleza, la innovación biológica es una disciplina cruzada y, como tal, es poco probable que cualquier negocio que exista hoy pueda funcionar solo. Las grandes empresas deben considerar el grado en que desarrollan la gama completa de capacidades necesarias internamente o "compran" lo que necesitan a través de fusiones y adquisiciones, y asociaciones. Al igual que en la Revolución digital, algunas empresas deberían considerar cómo utilizar modelos de negocio basados en plataformas que puedan aprovechar las oportunidades intersectoriales, reducir los costos marginales, e impulsar la innovación combinatoria al aprovechar los datos biológicos crecientes. Entre otros aspectos a tener en cuenta se encuentran la gama de oportunidades para ofertas más personalizadas y precisas habilitadas por datos biológicos crecientes, y modelos de ingresos innovadores que podrían ayudar a acelerar la difusión.

La Biorevolución podría transformar cadenas de valor completas, y las compañías en prácticamente todos los sectores pueden necesitar adaptar estrategias.

La sociedad civil, los gobiernos y los encargados de formular políticas deben informarse sobre los avances biológicos y responder a ellos de manera efectiva.

Varios gobiernos, incluidos los de China, el Reino Unido y los Estados Unidos, han marcado la pauta para la innovación biológica con planes y objetivos estratégicos publicados destinados a catalizar la innovación biológica y capturar sus beneficios. Sin embargo, la innovación necesita ser equilibrada por mecanismos que gobiernen el uso y el mal uso, y si los mecanismos profesionales y regulatorios existentes son adecuados para el propósito debe considerarse.

Las personas y los consumidores pueden ser fundamentales para la adopción de avances biológicos. Para contribuir de manera efectiva a lo que pueden ser debates controvertidos (considere la edición de embriones como un ejemplo), las personas deben tratar de comprender los beneficios frente a los riesgos. También deben apreciar que hay compensaciones personales. Las pruebas de DTC, por ejemplo, brindan a las personas información potencialmente valiosa sobre la probabilidad de contraer ciertas enfermedades, pero extraer esa información puede comprometer su privacidad.

Sobre los autores)

Michael Chui es socio del McKinsey Global Institute, donde **James Manyika** es copresidente y director. **Matthias Evers** es socio principal en la oficina de McKinsey en Hamburgo. **Alice Zheng** y **Travers Nisbet** son consultores con sede en la oficina de San Francisco.