

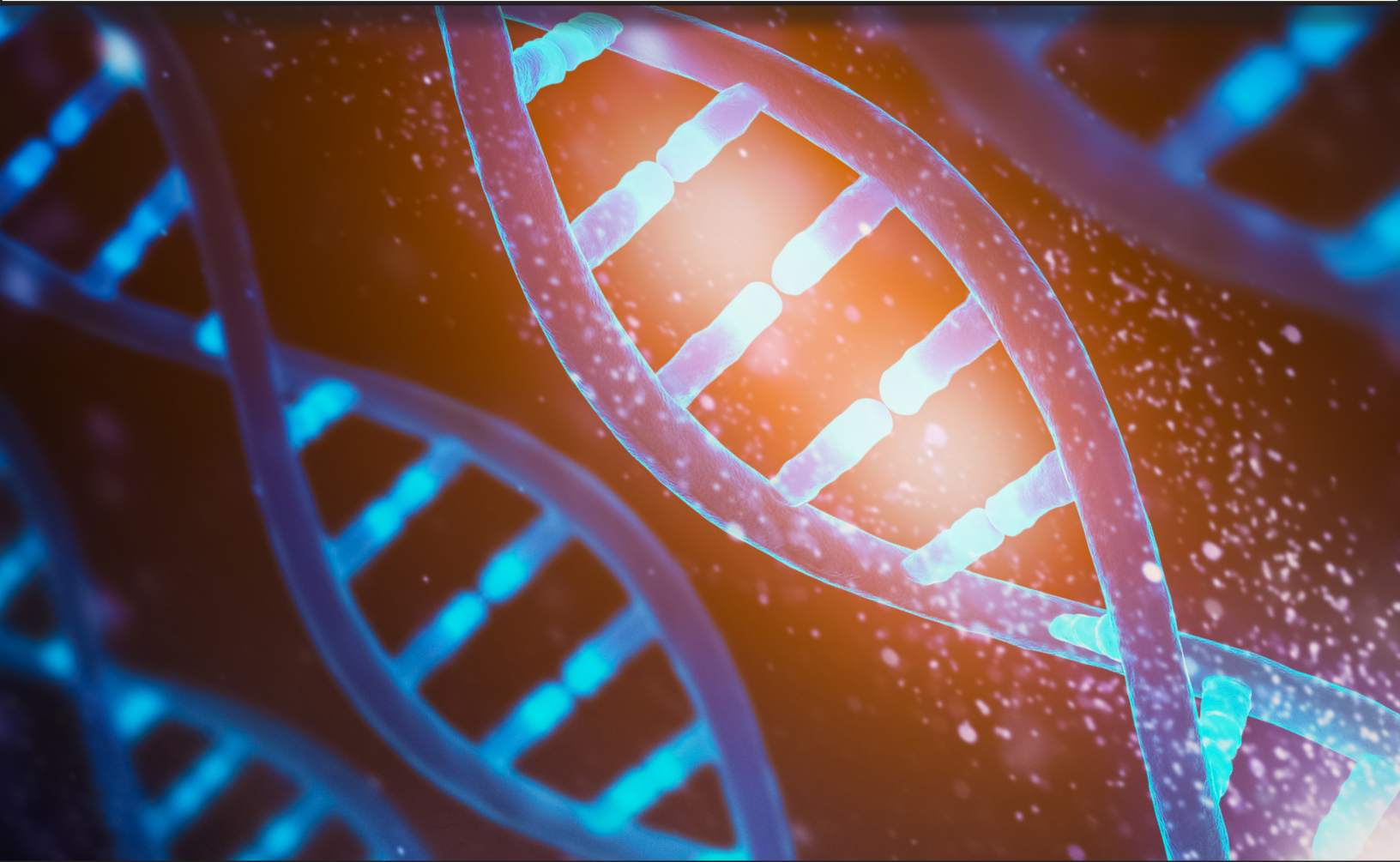


Smithsonian

**SCIENCE**  
*for Global Goals*

# ¡BIOTECNOLOGÍA!

¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?



**SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

© 2022 Smithsonian Institution  
Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

**Aviso de derechos de autor**

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsoniano de Educación Científica.

**Crédito de la imagen**

Foto de la portada: libre de droit/iStock/Getty Images Plus



*¡Biotecnología!*  
¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de  
forma ética?

Guía de investigación comunitaria

Equipo de Desarrollo de Ciencia Smithsoniana para Objetivos Globales

**Desarrollador/escritor de la guía principal**

Heidi Gibson

**Desarrollador/escritor contribuyente de la guía**

Logan Schmidt

**de división**

Dra. Carol O'Donnell

**Directora de división**

Laurie Rosatone

**Desarrolladores de  
la serie de planes de  
estudios**

Heidi Gibson  
Logan Schmidt

**Gerenta de proyecto**

Hannah Osborn

**Equipo de medios  
digitales**

Sofia Elian  
Joao Victor Lucena

**Asistente de  
publicaciones**

Raymond Williams, III

**Pasantes  
contribuyentes**

Emily Chen  
Pamela Divack  
Sarah Gallegos  
Songhan Pang  
Vittal Sivakumar  
Khadijah Thibodeaux

Personal del Centro Smithsoniano de Educación Científica

**Oficina ejecutiva**

Kate Echevarria  
Angela Pritchett

**Ascenso y asociaciones**

Holly Glover, directora de  
división  
Inola Walston

**Finanzas y administración**

Lisa Rogers, directora de  
división  
Agnes Robine

**Servicios profesionales**

Dra. Amy D'Amico,  
directora de división  
Katherine Blanchard  
Katherine Fancher  
Katie Gainsback  
Alex Grace  
Jacqueline Kolb  
Dra. Hyunju Lee  
Sherrell Lewis  
Alexa Mogck  
Eva Muszynski  
Ariel Waldman

**Desarrolladores de Ciencia  
Smithsoniana para el Aula**

Dra. Sarah J. Glassman  
Melissa J. B. Rogers  
Mary E. Short

**Desarrolladores de Ciencia  
Smithsoniana para  
Objetivos Globales**

Heidi Gibson  
Logan Schmidt



## Asesores de proyectos sénior

John Boright  
Director ejecutivo, Academia Nacional de Ciencias  
de Asuntos Internacionales  
Washington, DC, EE. UU.

Dr./Dra. Peter McGrath  
Coordinador  
InterAcademy Partnership  
Washington, DC, EE. UU.

## Mentores de investigación

Dra. Kadija Ferryman  
Profesora principal, profesora adjunta  
Instituto de Bioética/Departamento de Políticas y  
Administración de Salud John Hopkins Berman,  
Escuela de Salud Pública Bloomberg de John Hopkins  
Baltimore, Maryland, EE. UU.

Dr. Filippo Pinto e Vairo  
Consultor asociado, profesor adjunto, Departamento  
de Genética Médica de Genómica Clínica/Centro  
de Medicina Individualizada,  
Mayo Clinic  
Rochester, Minnesota, EE. UU.

Dra. Mary Hagedorn  
Científica investigadora sénior  
Instituto Smithsonian de Biología y Conservación  
e Instituto de Biología Marina de Hawái  
Front Royal, Virginia y Kaneohe, Hawái, EE. UU.

Dr. Martin Qaim  
Profesor, director  
Centro de Investigación de Desarrollo (ZEF),  
Universidad de Bonn  
Bonn, Alemania

Dra. Young Kim  
Profesora adjunta, Cofundadora de la licenciatura  
de Sistemas y Diseño  
de Empaquetado B.S. en VT  
Departamento de biomateriales sostenibles,  
Universidad de Tecnología de Virginia  
Blacksburg, Virginia, EE. UU.

Zabta Shinwari, Dr. en Ciencias  
Profesor Emérito  
Universidad Quaid-i-Azam  
Islamabad, Pakistán

Dra. Monique Mann  
Profesora sénior de criminología  
Universidad Deakin  
Melbourne, Australia

Dra. Irene Xagoraki  
Profesora  
Ingeniería Ambiental, Universidad Estatal  
de Michigan  
East Lansing, Michigan, EE. UU.

Mwamy Mlangwa  
Mwamy Green Veggies  
Dar es Salaam, Tanzania

Dra. Susie Yuan Dai  
Profesora adjunta, Ciencias Bioambientales  
Universidad A&M de Texas  
College Station, Texas, EE. UU.

Dra. Nicole K. Paulk  
Profesora auxiliar, Departamento de Bioquímica  
y Biofísica  
Universidad de California, San Francisco  
San Francisco, California, EE. UU.



## Asesores de proyectos

Dr. Larry Bonassar  
Profesor Daljit S. y Elaine Sarkaria en Facultad  
de Ingeniería Biomédica Meinig, Escuela Sibley  
de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial,  
Universidad Cornell  
Ithaca, Nueva York, EE. UU.

Dr. John F. Engelhardt  
Profesor  
Universidad de Iowa, Facultad de Medicina Carver  
Iowa City, Iowa, EE. UU.

Dra. Tammy Grey-Steele  
Fundadora y Directora Ejecutiva de la Asociación  
Nacional de Mujeres en la Agricultura  
(NWIAA, por sus siglas en inglés)  
Oklahoma City, Oklahoma, EE. UU.

Mitchell Hora  
Licenciado en Tecnología de Sistemas de  
Agronomía y Agricultura,  
Universidad Estatal de Iowa; Fundador/Director  
Ejecutivo, Propietario, Continuum Ag, MT Hora Forms  
Washington, Iowa, EE. UU.

Dr. John Lynch  
Profesor  
Facultad de Estudios de Comunicación, Cine y  
Multimedia,  
Universidad de Cincinnati  
Cincinnati, Ohio, EE. UU.

Dr. Jesús E. Moldando  
Genetista investigador  
Centro de Genómica de Conservación, Zoológico  
Nacional e Instituto Biológico de Conservación,  
Smithsonian Institution  
Washington, DC, EE. UU.

Dra. veterinaria Lisa Moses  
Docente Centro de Bioética,  
Escuela de Medicina de Harvard  
Boston, Massachusetts, EE. UU.

Dra. Anabela Pereira  
Socióloga, investigadora integrada  
CIES-Iscte, IUL - Centro de Investigación y Estudios en  
Sociología,  
Instituto Universitario de Lisboa  
Lisboa, Portugal

Dra. Christina Richie  
Profesora en la Sección de Ética y Filosofía de la  
Tecnología  
Universidad de Tecnología de Delft  
Edimburgo, Escocia, Reino Unido

Dra. Clarissa Rios Rojas,  
Asociada de investigación  
Centro para el Estudio de Riesgo Existente,  
Universidad de Cambridge  
Cambridge, Inglaterra, Reino Unido

Dra. veterinaria Nucharin Songsasen  
Directora central  
Centro para la Supervivencia de las Especies,  
Smithsonian's National Zoo and Conservation  
Biology Institute (Zoológico Nacional e Instituto de  
Conservación Biológica del Smithsonian)  
Front Royal, Virginia, EE. UU.

Dra. Carly Woltz  
Ecologista molecular  
Smithsonian's National Zoo and Conservation  
Biology Institute (Zoológico Nacional e Instituto de  
Conservación Biológica del Smithsonian)  
Washington D. C.



## Revisores técnicos

Dr. Guilherme Baldo  
Profesor Asociado de Bioquímica  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Dr. Andrew Cary  
Profesor de cátedra  
Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad  
de Rhode Island  
Kingston, Rhode Island, EE. UU.

Danielle Boyce, Doctora de Administración Pública y  
Magíster en Salud Pública  
Profesora auxiliar  
Facultad de Medicina de la Universidad Johns Hopkins  
Baltimore, Maryland, EE. UU.

Ben J. Novak  
Magíster en Ecología Artística y Biología Evolutiva  
Científico principal  
Revive & Restore  
Sausalito, California, EE. UU.

Dr. Kevin O'Connor  
Profesor titular, director de Microbiología y  
Biotecnología Aplicada,  
University College Dublin, Centro de Investigación  
Biorbic BioEconomy SFI  
Dublín, Irlanda

Dr. Jan-Georg Rosenboom  
ETH Zurich  
Investigador posdoctoral  
Instituto de Tecnología de Massachusetts  
Cambridge, Massachusetts, EE. UU.

Edward Santow, BA, LLB, LLM, FAAL  
Profesor industrial de Tecnología Responsable,  
Universidad de Tecnología de Sídney  
Sídney, Australia

Dra. Lisa Scheifele  
Directora ejecutiva  
Baltimore Underground Science Space (BUGSS)  
Baltimore, Maryland, EE. UU.

Dra. Moira J. Sheehan  
Profesora adjunta/directora de Conocimientos de  
Reproducción  
Sección de Reproducción y Genética Vegetal de  
Ciencias de la Facultad de Ciencia Vegetal Integrativa  
Universidad Cornell  
Ithaca, Nueva York, EE. UU.

Kelsey Lane Warmbrod, MS, MPH  
Analista de investigación  
Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico  
Seattle, Washington, EE. UU.

Dr. Joshua S. Yuan  
Profesor y director de Lucy & Stanley Lopata  
Departamento de Ingeniería Energética, Ambiental  
y Química  
Universidad de Washington en San Luis  
San Luis, Misuri, EE. UU.

## Sitios de prueba en terreno

Joshua Boadi  
Accra, Ghana

Ash Friend  
Ashland, Oregón, EE. UU.

Cara Hale-Hanes  
Long Beach California, EE. UU.

Diane Kelly  
Brooklyn, Nueva York, EE. UU.

Agbetiafan Kossi  
Ghana

Nicole Murphy  
Phoenix, Arizona, EE. UU.

Aminu Mohammed  
Twumasi, Ghana



## Centro Smithsonian de Educación Científica

El Centro Smithsonian de Educación Científica (SSEC, del inglés *Smithsonian Science Education Center*) es operado por el Instituto Smithsonian y su objetivo es mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia de los estudiantes en Estados Unidos y en todo el mundo. El SSEC difunde información sobre recursos educativos ejemplares, desarrolla materiales para programas de estudio, apoya el crecimiento profesional de los profesores científicos y líderes de escuelas, y lleva a cabo programas de difusión de desarrollo de liderazgo y asistencia técnica a fin de ayudar a los distritos escolares a implementar programas científicos centrados en investigaciones. Su misión es transformar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en un mundo de cambios científicos y tecnológicos sin precedentes.

## Smithsonian Institution

El Instituto Smithsonian fue creado por una Ley del Congreso en 1846 "para aumentar y difundir el conocimiento. . ." Este establecimiento federal independiente es el complejo de educación e investigación con museo más grande del mundo, y es responsable de actividades públicas y académicas, exposiciones y proyectos de investigación en todo el país y el extranjero. Entre los objetivos del Smithsonian se encuentra la aplicación de sus recursos únicos para mejorar la educación primaria y secundaria.

**Ciencia Smithsonian para Objetivos Globales (SSfGG, del inglés *Smithsonian Science for Global Goals*)** es un plan de estudios a libre disposición desarrollado por el Centro Smithsonian de Educación Científica (SSEC, del inglés *Smithsonian Science Education Center*) en colaboración con la InterAcademy Partnership. Utiliza los objetivos de desarrollo sostenible (SDG, del inglés *sustainable development goals*) de las Naciones Unidas como un marco para enfocarse en las acciones sostenibles que están definidas e implementadas para estudiantes.

En un intento por facultar a la próxima generación encargada de tomar decisiones para que sean capaces de tomar las decisiones correctas sobre los complejos problemas sociocientíficos que enfrenta la sociedad humana, la **SSfGG** combina prácticas previas en la educación científica basada en investigación (IBSE, del inglés *Inquiry-Based Science Education*), la educación de estudios sociales (SSE, del inglés *Social Studies Education*), la educación cívica global (GCE, del inglés *Global Citizenship Education*), el aprendizaje emocional social (SEL, del inglés *Social Emotional Learning*) y la educación para el desarrollo sostenible (ESD, del inglés *Education for Sustainable Development*).



Gracias por tu ayuda



Gracias por tu apoyo

Este proyecto fue financiado por Johnson & Johnson a través de la donación #70997531 al Centro Smithsonian de Educación Científica.





# ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?

## Parte 1: Introducción a la biotecnología

- Tarea 1: ¿Qué es un futuro sostenible?
- Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a crear un futuro sostenible?

## Parte 2: Biotecnología y sistemas de alimentos

- Tarea 1: ¿Deberíamos utilizar la biotecnología para cambiar los alimentos que comemos?
- Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar para que los sistemas alimentarios contribuyan a un futuro más sostenible?

## Parte 3: Biotecnología y materiales

- Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología cambiar los materiales que utilizamos?
- Tarea 2: ¿Podemos crear los materiales que necesitamos utilizando células y biotecnología?

## Parte 4: Biotecnología y salud humana

- Tarea 1: ¿Cómo podemos diagnosticar enfermedades usando la biotecnología?
- Tarea 2: ¿Cómo podemos corregir enfermedades genéticas usando la biotecnología?

## Parte 5: Biotecnología y datos genéticos

- Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?
- Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?



**Parte 6:  
Biotecnología y  
medioambiente**

- Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología hacer que nuestras comunidades sean más limpias?
- Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a restaurar la biodiversidad en los ecosistemas?

**Parte 7:  
Biotecnología y  
seguridad**

- Tarea 1. ¿Cómo puede la biotecnología ayudar con la seguridad?
- Tarea 2: ¿Cuáles son las amenazas a la seguridad que presenta la biotecnología?

**Parte 8:  
Entrar en acción**

- Tarea 1. ¿Cómo ayudaré a crear un mundo sostenible con la biotecnología?





# Smithsonian

## Science Education Center

Estimados padres, cuidadores y educadores:

Como comunidad global, enfrentamos muchos desafíos. A veces, estos problemas mundiales pueden parecer abrumadores. Podemos hacernos preguntas sobre cómo comprender estos problemas complejos y si hay algo que podamos hacer para mejorarlos. Esta guía de respuesta comunitaria alienta a los jóvenes a descubrir, comprender y actuar en función de las respuestas a estas preguntas.

En los años anteriores al 2015, las personas de todo el mundo trabajaron juntas para compartir sus ideas sobre cómo debería ser nuestro mundo. Estas ideas se convirtieron en una lista de objetivos, los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. Los objetivos representan un plan para un mundo sostenible: un mundo en el que las sociedades pacíficas colaboran; un mundo en el que vivimos en equilibrio con el medioambiente de nuestro planeta; un mundo en el que nuestras economías satisfacen nuestras necesidades; un mundo justo para todos.

A medida que los jóvenes de todo el mundo se comprometen con las actividades de esta guía, obtendrán una comprensión de la ciencia que forma la base de los objetivos de desarrollo sostenible. Podrán compartir sus conocimientos con su comunidad, crear formas tangibles de ayudar a su comunidad a tomar decisiones informadas y comprender los mejores lugares para encontrar información adicional sobre estos temas.

A lo largo de la guía, las personas jóvenes podrían hacerse muchas preguntas sobre el trato justo a las personas y a las comunidades. No es necesario tener las respuestas a ninguna de estas preguntas. Lo más importante que puedas ofrecerles a los jóvenes es la oportunidad de cuestionar, investigar, pensar de manera crítica y sistémica, sintetizar y actuar. Pregúntales a los jóvenes que te rodean cómo se sienten y qué piensan a medida que aprenden este contenido.

Estoy muy agradecido con los expertos que ayudaron a desarrollar esta guía: InterAcademy Partnership, una colaboración de 140 académicos nacionales de ciencias, ingeniería y medicina; nuestros colegas del Instituto Smithsoniano; y los expertos externos en la materia que contribuyeron a esta guía, por sus perspectivas y el soporte técnico para garantizar que la ciencia en esta guía sea precisa. También quiero agradecerle especialmente a la desarrolladora de esta guía, Heidi Gibson, por sus importantes contribuciones al proyecto *Ciencia Smithsonian para los objetivos globales*.

Mediante el trabajo en conjunto de científicos, investigadores, padres, cuidadores, educadores y la juventud, podemos crear un mundo mejor para todos. Esta guía es un paso hacia esa gran colaboración.

Gracias por asociarse con nosotros para inspirar a nuestra juventud a construir un mundo mejor.

Atentamente,

Dra. Carol O'Donnell, directora del  
Centro Smithsoniano de Educación Científica



## Acerca de esta guía de investigación comunitaria

El objetivo de esta guía es preparar a los jóvenes para que tomen acciones consideradas en función de los problemas globales urgentes. Una acción considerada significa que los jóvenes aprenden sobre un problema, lo conectan con el sistema más grande, consideran todas las complejidades del problema, deciden por sí mismos la mejor manera de abordarlo y, luego, ejecutan una solución. A través de este proceso, se prepara a los jóvenes no solo para actuar sobre un problema específico, sino también para desarrollar las habilidades necesarias para tomar medidas en relación con todos los problemas que los afectan a ellos y a sus comunidades.

Los estudiantes utilizan investigaciones científicas y sociocientíficas para comprender sus comunidades locales, los principios científicos y las posibilidades de innovación. Luego, tienen la oportunidad de aplicar inmediatamente esta información para tomar decisiones fundamentadas según los resultados de sus investigaciones. A lo largo del camino, se les pide a los jóvenes que reflexionen, investiguen, piensen de manera crítica, analicen y hagan consensos. Participar en estas actividades permite crear habilidades importantes de empoderamiento y representación, reflexión y conciencia abierta, equidad y justicia e interconexión global local. Estas mentalidades de sostenibilidad preparan a los jóvenes para que tomen un papel activo en la conformación del futuro de sus comunidades y mundo.

### MENTALIDADES DE SUSTENTABILIDAD



Figura 1: Mentalidades de sostenibilidad.

## Un marco para descubrir, comprender y actuar

A lo largo de la guía, se les pide a los jóvenes que descubran, comprendan y actúen. Las tres partes de la senda de aprendizaje se describen aquí.

### Descubrir

Los jóvenes ya tienen mucha información y opiniones sobre el mundo que los rodea. En esta guía, se les pide que utilicen ese conocimiento como punto de entrada. Descubrirán lo que ya saben y qué preguntas podrían tener. Se les alienta a considerar diferentes perspectivas y prioridades. Esto empodera a los jóvenes y proporciona una relevancia y contexto inmediatos para sus investigaciones.

### Comprender

Recopilar nueva información es un objetivo principal de la ciencia. El uso de una amplia variedad de métodos para hacerlo ayuda a los jóvenes a comprender los problemas relacionados con las comunidades sostenibles. Necesitan comprender los problemas tanto de manera abstracta como dentro del contexto de su comunidad local. El diseño y la realización de investigaciones en el mundo real y la interpretación de resultados alienta a los jóvenes a pensar como científicos.

### Actuar

Por último, los jóvenes aplican tanto su conocimiento existente como su información recién recopilada. En primer lugar, consideran los cambios personales que podrían hacer para ayudar a que sus comunidades sean más sostenibles. Luego, como equipo, los jóvenes hacen consensos sobre

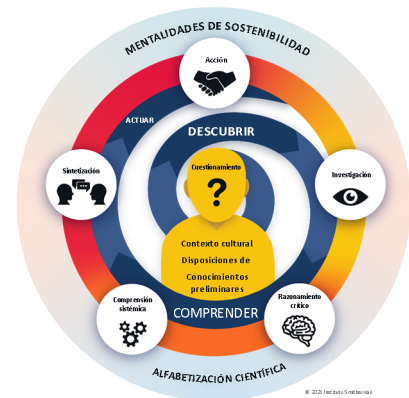


Figura 2: Avance de la acción de los objetivos globales.



lo que *podrían* hacer, lo que *deben* hacer y lo que *harán*. Después, los equipos toman medidas y reflexionan sobre las consecuencias, tanto previstas como no previstas.

## **Cambio de pedagogía**

Esta guía puede sentirse como un gran cambio respecto del método estándar de enseñanza. La guía tiene las siguientes características:

### ***Dirigida por jóvenes***

Para avanzar hacia un mundo mejor, necesitamos las ideas, el entusiasmo y la energía de cada joven. Los necesitamos para ayudar a diseñar y construir el mundo en el que quieren vivir. Esto significa que, a lo largo de la guía, los jóvenes toman decisiones auténticas sobre qué y cómo aprenderán. Su objetivo es comprender los problemas en su propia comunidad y tomar medidas sostenibles para mejorar su comunidad y mundo.

### ***Impulsada por datos recopilados por jóvenes***

En esta guía, los jóvenes a los que enseñes se convertirán en investigadores de acción. Reunirán información sobre lo que significan las comunidades sostenibles en sus propios espacios locales. Esto incluye investigaciones y experimentos científicos a fin de comprender mejor los problemas, además del uso de métodos de ciencias sociales para comprender mejor a su comunidad. El uso de la ciencia y la ciencia social ayuda a los jóvenes a llegar a una solución sostenible.

### ***Enfocada en la acción***

El objetivo de la guía es ayudar a los jóvenes no solo a aprender, sino que también a hacer. A lo largo de la guía, los jóvenes llevarán a cabo investigaciones y, luego, utilizarán ese conocimiento para tomar decisiones sobre las acciones que serían mejores para su comunidad. Luego, pondrán en práctica esas decisiones y verán los resultados de sus acciones.

### ***Personalizada para comunidades locales***

Cada comunidad es única. Si bien el mundo tiene problemas globales, las soluciones deben funcionar localmente. Los jóvenes ya tienen un enorme conocimiento sobre su comunidad local. Esta guía les pide que usen ese conocimiento y descubran información nueva para descubrir soluciones sostenibles en sus comunidades.

## **Estructura de esta guía de investigación comunitaria**

### ***Partes***

Esta guía consta de ocho partes. Cada parte interactúa con las otras para ayudar a los estudiantes a comprender cómo ayudar a sus comunidades a prosperar y poner ese conocimiento en práctica.

Sin embargo, reconocemos que el tiempo es un factor limitante en muchos espacios de aprendizaje. Por lo tanto, la guía está diseñada de manera flexible de modo que se pueda acortar, si es necesario. Se guía a los estudiantes para que hagan este trabajo de acortamiento por ellos mismos al final de la parte 1. La guía les pide a los estudiantes que analicen con su profesor cuánto tiempo hay disponible y, luego, tomen decisiones sobre la mejor manera de usar ese tiempo.

### ***Tareas***

Dentro de cada parte, hay dos tareas. Cada tarea ayuda a los estudiantes a examinar un aspecto diferente del tema que están explorando. Dentro de cada tarea, hay tres actividades que corresponden al marco Descubrir, Comprender y Actuar. Descubrir actividades centradas en el conocimiento existente del estudiante. Comprender las actividades centradas en recopilar nueva



información. Las actividades de Actuar se centran en analizar y aplicar esa nueva información para tomar decisiones. Las tareas también incluyen perspectivas e historias de expertos de todo el mundo, para que los estudiantes puedan conectarse con el trabajo de los científicos del mundo real.

## Uso de esta guía

### Funciones

#### *La función del estudiante*

Los estudiantes son los que toman las decisiones de la guía. Ellos decidirán qué información necesitan y qué significa la información que recopilan. Luego, los estudiantes utilizan esa información para decidir e implementar acciones.

#### *La función del profesor*

Esta guía puede ser un desafío para los estudiantes, ya que es posible que no estén familiarizados con su función. Es posible que los participantes necesiten ayuda para decidir qué hacer. Hay que apoyarlos y ayudarlos, pero no decidir por ellos. Sé paciente. No hay respuestas correctas a las preguntas importantes planteadas por esta guía.

### Adaptación de la guía para su contexto

#### *Diferentes edades*

Esta guía está diseñada para usarse con jóvenes de entre 8 y 17 años. Este rango amplio tiene la intención de dar acceso a estas ideas a la mayor cantidad posible de jóvenes. Si enseñas a los participantes que están en el extremo más joven del rango de edad, es posible que necesites apoyarlos un poco más. Por ejemplo, es posible que necesites:

- Explicar palabras o temas más complejos
- Promover la escucha y la tolerancia en los análisis grupales
- Apoyar la toma de decisiones en grupo
- Ayudarlos a planificar las investigaciones en su comunidad o acompañar a los equipos en sus investigaciones
- Ayudar a los estudiantes a pensar en la viabilidad de la acción que planean
- Presentar formas alternativas de capturar ideas; por ejemplo, si la guía sugiere que los participantes escriban, pero es demasiado difícil o inapropiado para los estudiantes, pueden dibujar, actuar o simplemente hablar sobre sus ideas.

Si enseñas a estudiantes mayores, el lenguaje de la guía podría parecer un poco simple. Sin embargo, los estudiantes mayores que puedan comprender ideas más complejas podrán desarrollar una visión más matizada del problema y elaborar soluciones más amplias.

Todos los jóvenes deben ser capaces de interactuar con la guía de la manera que sea apropiada para ellos a nivel de desarrollo.

#### *Diferentes recursos*

Supusimos que cuentas con recursos muy básicos para la clase, como un pizarrón, papel y lápices o bolígrafos. Si no es posible capturar la escritura del estudiante, siempre puede hacer que los estudiantes actúen o analicen sus ideas. Si no tienes los recursos para imprimir una Guía de investigación comunitaria para cada estudiante, tú o los líderes de los estudiantes pueden leer la guía en voz alta desde una sola impresión o copia digital.



## **Accesibilidad**

Esta guía está diseñada para ser ampliamente accesible. El lenguaje, el tono y el formato intentan ser lo más inclusivos posible para llegar a los estudiantes con una amplia variedad de estilos de aprendizaje. Sin embargo, es posible que los estudiantes con necesidades específicas necesiten apoyo de los profesores. Como se mencionó anteriormente, las actividades de la guía siempre se pueden adaptar para que se adecuen a las habilidades del estudiante, ya sea por ti o por los propios estudiantes.

## **Reglas diferentes**

Cada lugar es diferente y puede tener distintas reglas para proteger a los jóvenes y la privacidad. Por ejemplo, en la parte 7 de esta guía, hay una actividad en la que los jóvenes exploran usando sus huellas digitales para la identificación biométrica. Los educadores deben seguir las normas o pautas de la zona local acerca de la privacidad.

## **Extensiones**

Para cada parte y muchas tareas hay actividades, videos y recursos adicionales disponibles digitalmente. Todos se encuentran disponibles en el *StoryMap de ¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.

## **Equipos**

Gran parte de la investigación, la toma de decisiones y las acciones están diseñadas para realizarse en equipos. Sin embargo, estos equipos pueden variar en tamaño, desde un grupo de dos o tres estudiantes hasta toda la clase. Como profesor, esto es algo que se debes considerar antes de comenzar con la Guía de investigación comunitaria.

Si tienes estudiantes motivados y responsables que necesitan un mínimo apoyo de profesores, es posible que desees dividir la clase en pequeños equipos. Los equipos más pequeños permitirán que los participantes individuales compartan sus opiniones y tengan más impacto en la toma de decisiones del equipo. Con equipos más pequeños, se puede personalizar más la experiencia según los intereses del estudiante individualmente, ya que hay menos intereses representados.

Si tienes estudiantes que necesitan más apoyo, es posible que debas mantener la clase en un solo equipo o tener un equipo para cada adulto de la clase. Si solo tiene un equipo por adulto, un adulto puede ayudar a los estudiantes directamente mientras participan en actividades como la realización de investigaciones y la toma de decisiones. Sin embargo, debido a que el equipo es más grande, los participantes tendrán menos voz individualmente en la toma de decisiones y menos impacto en las acciones del grupo.

De manera alternativa, si tienes un grupo de estudiantes con capacidades mixtas, puedes diseñar grupos que reúnan a los estudiantes con diferentes fortalezas. Estos tipos de grupos pueden ayudar a los estudiantes a apoyarse mutuamente en lugar de recurrir de inmediato a un adulto en búsqueda de apoyo.

Si no estás seguro de si es más adecuado un grupo pequeño o uno grande para los estudiantes, es posible que desees esperar y observarlos durante la tarea 1. En la tarea 1 de la actividad Comprender, los estudiantes se dividen en grupos y realizan investigaciones. Si los estudiantes pueden completar esta tarea de manera independiente con un apoyo bastante limitado para los profesores, probablemente tendrían éxito en un grupo pequeño. Si los estudiantes necesitan una gran cantidad de ayuda para completar esta actividad, es posible que desees estructurar el tamaño del grupo a fin de que puedan tener un apoyo más centrado de los adultos en toda la Guía de investigación comunitaria.

## **Primeros pasos**

Te recomendamos darles la Carta para los estudiantes a los jóvenes con los que trabajas para que la lean. También puede resultarte útil leer cada parte de la Guía de investigación comunitaria en su totalidad antes de comenzar esa parte. Te sugerimos que animes a los estudiantes a que se entusiasmen con esta nueva aventura de aprendizaje. Prepárate para entusiasmartes con sus ideas.



## Carta para los estudiantes

Estimado estudiante:

Esta es la última vez que se te llamará estudiante en esta Guía de investigación comunitaria. Adoptarás una nueva función como investigador de acción. Los investigadores de acción están interesados en descubrir qué hacer para mejorar sus comunidades. Utilizan investigaciones científicas para ayudar a comprender el mundo natural que los rodea. Utilizan investigaciones de ciencias sociales para ayudar a comprender a las personas, culturas e historia de sus comunidades. Luego, utilizan la información que recaban para ayudar a resolver problemas en sus propias comunidades. Esta guía te ayudará a obtener más información sobre este proceso. Lo más importante que debes saber es que tú controlarás tu propia investigación y tomarás tus propias decisiones.

Piensa en una ocasión en la que hayas resuelto un problema. Primero, debes saber lo que querías: tu objetivo. Luego, debías averiguar lo que había que hacer para alcanzar tu objetivo. Esta guía es similar. Pensarás en los objetivos que tienes para tu comunidad local y, luego, descubrirás lo que necesitas para tomar medidas que te ayuden a alcanzar esos objetivos.

Tú y tus compañeros de clase trabajarán como equipo para pensar en la información que ya tienen sobre el lugar donde viven. Luego, investigarás a tu comunidad local y cómo funcionan las cosas. Por último, tu equipo decidirá cómo mejorar las cosas. Juntos, pondrán en práctica su decisión. A veces, tomar decisiones sobre qué hacer es difícil. No te preocupes, esta guía te proporcionará mucho apoyo.

### Cómo usar esta guía

Esta guía está diseñada para ayudarte a explorar y pensar en los problemas de tu comunidad. La guía está aquí para ayudarte. Esto significa que siempre puedes cambiarla.

### Adaptación de la guía

Notarás que, en esta guía, a menudo hay sugerencias sobre diferentes maneras de compartir tus ideas o realizar investigaciones. Esto se debe a que personas distintas piensan y trabajan mejor de maneras distintas. Por ejemplo, a algunas personas les gusta dibujar, a algunas personas les gusta hablar en voz alta y a algunas personas les gusta escribir para expresar sus ideas. Esta guía tiene sugerencias, pero siempre puedes cambiar el método sugerido. Puedes compartir tus ideas mediante debates, actuaciones, canciones, historias, grabaciones de voz, escribir a mano, escribir en una computadora, dibujar u otra forma que elijas. Piensa en la manera en que tú y tu equipo aprenden mejor juntos. Incluir a todos en el equipo es importante.





## Consejos de seguridad

Esta guía te pide que hagas y pienses en cosas que pueden parecer desconocidas. En la guía, notarás consejos de seguridad física y emocional. Estos te ayudarán a mantenerte seguro y respaldado durante las actividades. Te sugerimos que sigas las instrucciones de tu profesor sobre cómo mantenerte seguro.

## Estructura de la guía

Esta guía contiene ocho partes. La mayoría de las partes tienen dos tareas. Cada tarea tiene tres actividades. Las actividades se llaman **Descubrir**, **Comprender** y **Actuar**. En las actividades de **Descubrir**, te enfocarás en pensar en la información que tú y tu equipo ya conocen. En las actividades de **Comprender**, investigarás para encontrar información nueva. En las actividades de **Actuar**, pondrás en práctica tus conocimientos nuevos y existentes mediante su aplicación y la toma de decisiones. Las palabras que puedan ser desconocidas estarán en **negrita** la primera vez que se utilicen. Luego, al final de cada parte, hay un glosario que enumera las definiciones de estas palabras.

## Investigaciones

Tú eres quien realiza la investigación en esta guía. Esto significa que a menudo desarrollarás tus propias preguntas y determinarás la mejor manera de responderlas. Desarrollar y responder preguntas es la manera en que los científicos descubren nueva información sobre el mundo que los rodea. Como investigador de acción, debes pensar como un científico a fin de descubrir lo que necesitas saber, investigar para obtener más información y pensar en el significado de lo que descubriste.

## Mantenerse organizado

En esta guía, contarás con algunos documentos que deberás conservar para poder verlos más adelante. Recomendamos que tengas una carpeta, un cuaderno o un diario de ciencia como ayuda para mantenerte organizado.

## Equipos

Trabajarás con otros compañeros de clase como parte de un equipo de investigación. Tu equipo llevará a cabo investigaciones y tomará decisiones en conjunto. Cuando se lleva a cabo una investigación, puede haber muchas cosas que averiguar como equipo. Tendrán que ser creativos. No siempre habrá una clara respuesta correcta e incorrecta. A veces, el equipo podría no estar de acuerdo. Y está bien. Solo asegúrense de respetar a sus compañeros de equipo. No existe una respuesta correcta a los problemas que enfrenta tu comunidad. Solo existe la respuesta correcta para ti y tu equipo.



## Primeros pasos

Pensarás en problemas complejos. A veces esto puede ser difícil. Sé paciente. Se te guiará para que consideres diferentes partes del problema. Para el momento en que se toman las grandes decisiones, debes tener mucha información. Recuerda siempre que tu trabajo es importante. Las decisiones que tomes pueden cambiar tu comunidad. Eres una parte importante en el proceso de mejorar tus comunidades locales y globales.

Gracias por trabajar para mejorar tu comunidad.

*El equipo de Ciencia Smithsonian para Objetivos Globales*

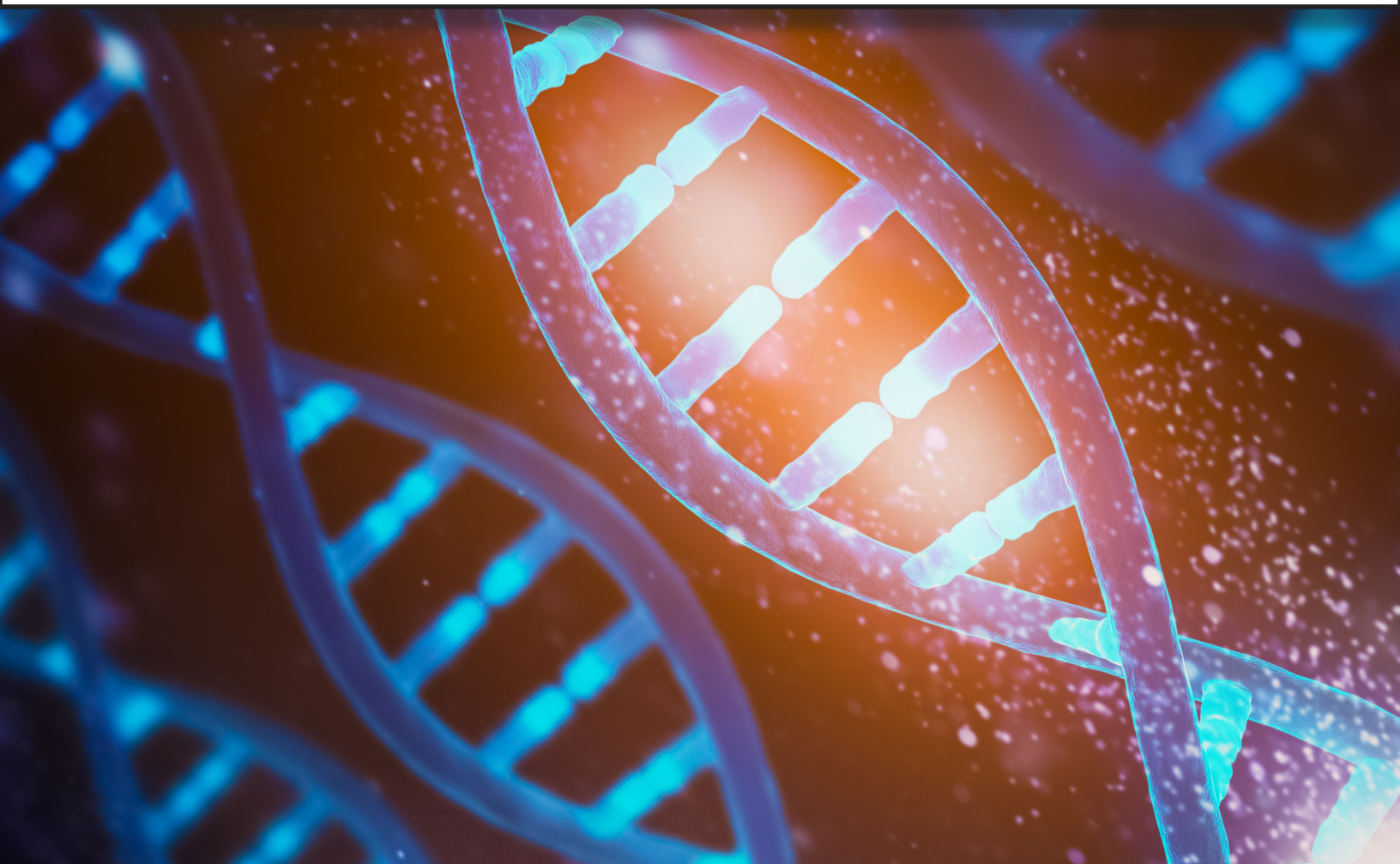
*Centro Smithsoniano de Educación Científica*

*Smithsonian Institution*



# ¡BIOTECNOLOGÍA!

Parte 1: Introducción a la biotecnología



SUSTAINABLE DEVELOPMENT **GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE**  
**HEALTH**  
**POLICY**  
the interacademy partnership

## Aviso de derechos de autor

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## Aviso de derechos de autor

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 1. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson

Revisores técnicos  
Dr. Andrew Cary  
Dra. Lisa Scheifele

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## Crédito de las imágenes

Portada: libre de droit/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-1: Katherine Blanchard, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-2: Katherine Blanchard, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-3: Naciones Unidas

Figura 1-4: nature keeper/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-5: Judith Dzierzawa/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-6: Shigapov/iStock/Getty Images Plus; codyphotography/E+

Figura 1-7: kgfoto/E+; zhaojiankang/iStock/Getty Images Plus; SEASTOCK/iStock/Getty Images Plus; vainillaychile/iStock/Getty Images Plus; S.Rohrlack/iStock/Getty Images Plus; neenawat/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-8: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-9: posteriori/E+; ilietus/iStock/Getty Images Plus; llonalimagine/iStock/Getty Images Plus; Ockra/iStock/Getty Images Plus; pamela\_d\_mcadams/iStock/Getty Images Plus; Marat Musaibirov/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-10: innazagor/iStock/Getty Images Plus

Figure 1-11: marekuliasz/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-12: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-13: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-14: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-15: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 1-16: b44022101/iStock/Getty Images Plus

Figura 1-17: traffic\_analyzer/DigitalVision Vectors

Figura 1-18: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica



# PARTE 1: INTRODUCCIÓN A LA BIOTECNOLOGÍA

Planificador	4
<b>¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible para todos usando la biotecnología de forma ética?</b>	6
<b>Tarea 1: ¿Qué es un futuro sostenible?</b>	7
<b>Descubrir:</b> ¿Cuál es mi identidad y cuáles son mis esperanzas para el futuro?	7
<b>Comprender:</b> ¿Qué sabe y piensa mi comunidad sobre el futuro y la biotecnología?	12
<b>Actuar:</b> ¿Cómo se relaciona la biotecnología con un futuro sostenible para mi comunidad local y mundial?	17
<b>Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a crear un futuro sostenible?</b>	20
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo utilizo la biotecnología ahora y cómo podría utilizarla en el futuro?	20
<b>Comprender:</b> ¿Cuáles son algunas de las herramientas genéticas de la biotecnología?	27
<b>Actuar:</b> ¿Qué preocupaciones tengo sobre el uso sostenible de la biotecnología?	35
Glosario	40

## **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 1: ¿Qué es un futuro sostenible?</b>					
<b>Descubrir</b>	Desarrolla un mapa de identidad personal en el que se muestren las diferentes partes de quién eres, y crea un panel de tendencias en el que se muestren tus ideas sobre el futuro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Objetos que te representan (opcional)</li> <li>• Pizarra o cartel</li> <li>• Fotos o revistas (opcional)</li> </ul>		25 minutos	7
<b>Comprender</b>	Encuesta a tu comunidad para descubrir diferentes perspectivas sobre un futuro sostenible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		25 minutos + tiempo de la encuesta	12
<b>Actuar</b>	Examina los Objetivos de Desarrollo Sostenible, considera cómo la biotecnología puede desempeñar un papel en un futuro sostenible y elige las partes de la guía que deseas utilizar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<u>Panel de tendencias del futuro</u>	25 minutos	17



<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a crear un futuro sostenible?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora qué es la biotecnología y qué papel desempeña en tu vida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		25 minutos	20
<b>Comprender</b>	Extrae el ADN e investiga las diferentes maneras en las que se puede utilizar o cambiar el ADN.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcohol</li> <li>• Fuente de ADN, fruta u otro</li> <li>• Envases</li> <li>• Tenedor o cuchara</li> <li>• Agua</li> <li>• Sal</li> <li>• Detergente</li> <li>• Filtro</li> <li>• Mondadientes</li> </ul>		45 minutos	27
<b>Actuar</b>	Considera diferentes perspectivas sobre el uso de la biotecnología para un futuro sostenible y crea una lista de preocupaciones éticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<u>Panel de tendencias del futuro</u>	25 minutos	35



# ***iBiotecnología!* ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible para todos usando la biotecnología de forma ética?**

La **biotecnología** puede ser una herramienta importante para ayudar a alcanzar un futuro **sostenible** para nosotros y nuestro planeta, pero también existen riesgos e inquietudes. En esta guía, aprenderás más acerca del potencial de la biotecnología mientras consideras tus propias ideas sobre la mejor manera de abordar esos riesgos y preocupaciones.

Cuando uses esta guía, te convertirás en un **investigador de acción** para identificar y ayudar a resolver problemas en tu comunidad. Los investigadores de acción primero **descubren** su propio conocimiento existente, luego, investigan para **entender** los problemas y, por último, **actúan** sobre lo que aprendieron para mejorar las comunidades locales y globales.

Crearás y mantendrás varias hojas de documentos digitales o en papel como ayuda para registrar y recordar la información. Tal vez podrías utilizar un bloc de notas o una carpeta para organizar las hojas que utilizarás en la guía.

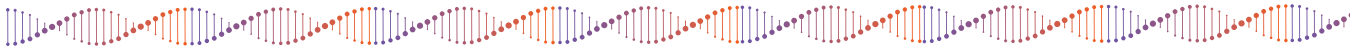
**Recuerda:** *En esta guía, tú y tu equipo están a cargo. Siempre puedes cambiar las instrucciones de los pasos para que funcionen mejor para ti y tu equipo.*





## Tarea 1: ¿Qué es un futuro sostenible?

Quiénes somos afecta la forma en que pensamos e interactuamos con el mundo que nos rodea. En esta tarea, primero **descubrirás** más acerca de tu propia identidad y tus perspectivas sobre el futuro. Luego, **comprenderás** más sobre la biotecnología y los conocimientos y perspectivas relacionados de tu comunidad. Por último, **actuarás** para decidir qué deseas investigar y pensar más a fondo.



### **Descubrir:** *¿Cuál es mi identidad y cuáles son mis esperanzas para el futuro?*

Nuestras diferentes experiencias, orígenes e ideas nos dan a cada uno de nosotros una identidad única. Tu **identidad** es lo que hace que seas tú. Nuestras diferentes identidades a menudo conducen a diferentes **perspectivas**. Las perspectivas son la manera en que pensamos sobre el mundo que nos rodea. Comprender tu propia identidad y puntos de vista puede ayudarte a entender otras perspectivas. Esta actividad te ayudará a pensar en tu propia identidad.

1. Toma un papel y escribe el título "Mapa de identidad". Si lo prefieres, puedes crear un mapa de identidad con objetos o herramientas digitales. Hay más detalles sobre cómo hacerlo en el paso 6.
2. En el papel, escribe tu nombre en el centro de la página o dibuja una pequeña imagen de ti mismo.
3. Dibuja un círculo alrededor de tu nombre o fotografía.
4. Responde la pregunta "¿Quién soy?" o "¿Qué me describe?" La siguiente lista puede darte algunas ideas, pero eres libre de elegir lo que quieres incluir. También puedes incluir elementos que no están en la lista. Registra lo que creas que sea importante para quién eres.
  - Edad
  - Escuela o curso
  - Raza o etnia
  - Género
  - País o lugar donde vives
  - País o lugar importante para ti o tu familia
  - Ideas o creencias que son importantes para ti
  - Temas que te interesan



- Pasatiempos o actividades que te gusta hacer por diversión
  - Rasgos físicos (por ejemplo, altura, color de cabello, color de ojos, si usas anteojos, etc.)
  - Rasgos de personalidad (como fuerte, divertido, triste, amable)
  - Funciones que tienes en tu hogar (como hermana mayor, ayudante, primo)
  - Grupos a los que perteneces
5. Escribe cada respuesta en la página alrededor de tu nombre. Dibuja una línea entre tu nombre y cada respuesta. La figura 1-1 es un ejemplo de un mapa de identidad escrito. Puedes poner tus respuestas al final de cada línea.

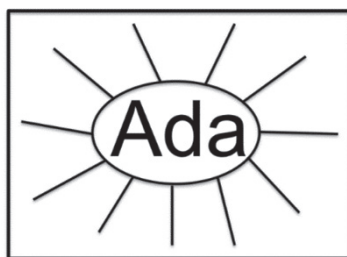


Figura 1-1: Ejemplo de un mapa de identidad escrito.

6. Si lo prefieres, puedes utilizar objetos de tu hogar o clase para crear tu mapa. Para conservar tu mapa, puedes tomarle una foto o simplemente recordarlo. La figura 1-2 es un ejemplo de un mapa de identidad hecho con objetos. También puedes crear un mapa digital mediante grabaciones o fotos.



Figura 1-2: Ejemplo de un mapa de identidad hecho con objetos.

7. Ahora forma un equipo. Como investigador de acción, trabajarás en equipo con tus compañeros de clase por el resto de esta guía. Trabajarán en conjunto para comprender y mejorar su área local. Tu equipo puede ser tu clase completa o puede ser un grupo más pequeño. Cualquier opción está bien.



8. Comparte tu *Mapa de identidad* con los miembros de tu equipo para saber qué tienen en común. Intenta buscar identidades similares entre tus compañeros de equipo. Por ejemplo, si te gusta leer por diversión, ve si puedes encontrar a alguien que también le guste leer por diversión. Busca algunas identidades similares. Luego, continúa con el siguiente paso.

 **Consejo de seguridad emocional**

Compartir tu identidad con otra persona puede ayudar a generar confianza entre tú y esa persona. Pero puede ser difícil compartir tu identidad personal con otra persona. Solo comparte las partes de tu *Mapa de identidad* que te sientas cómodo compartiendo.

9. Ahora, intenta encontrar compañeros de equipo que tengan identidades distintas de la tuya. Encuentra a algunas personas que tengan identidades distintas. Luego, vuelve a tu lugar.
10. Piensa para ti sobre las diferentes identidades que encuentraste en el equipo. Todos los miembros de tu equipo son únicos. Tener un equipo que incluya personas con diferentes identidades significa que todos tienen información diferente para compartir y distintas perspectivas. Como investigadores de acción, trabajarán juntos como equipo para encontrar la mejor manera de hacer acciones que ayuden a resolver los problemas que identifiques. Las diferentes identidades y experiencias de cada miembro de tu equipo los ayudarán a tomar mejores decisiones. Por ejemplo, si naciste en el mismo lugar donde vives ahora, pero un compañero de equipo nació en otro sitio, es posible que cada uno sepa cosas diferentes, lo que conduce a perspectivas distintas.
11. Lee *Nuestras identidades, nuestras perspectivas, nuestro futuro*.

**Nuestras identidades, nuestras perspectivas, nuestro futuro**

Diferentes personas pueden tener distintas perspectivas sobre cómo quieren que sea el futuro. A veces, estas perspectivas están relacionadas con identidades o experiencias personales. Nuestras identidades pueden afectar lo que sabemos o lo que pensamos que es importante.



Si hay algo que es importante para ti ahora, es posible que quieras que sea parte de tu futuro. Por ejemplo, quizá en tu *Mapa de identidad* dijiste que te gusta estar al aire libre. Entonces, tal vez quieras poder acceder fácilmente al exterior como parte de tu futuro.

A menudo, los libros, las películas u otras experiencias multimedia presentan ideas sobre lo que podría suceder en el futuro. Estas ideas también pueden ayudarte a imaginar qué tipo de futuro podrías desear o querer evitar.

En esta guía, pensarás en cómo crees que la biotecnología puede ser parte de un futuro sostenible. Pero primero debes pensar en qué es un futuro sostenible.

Un enfoque que equilibra diferentes perspectivas y que puede funcionar durante mucho tiempo se denomina sostenible. Un **futuro sostenible** equilibra las preocupaciones sociales, económicas, ambientales y éticas de una manera que funciona bien para las personas y el planeta.

Tu perspectiva sobre lo que debería incluir un futuro sostenible es valiosa. Otras personas pueden tener diferentes perspectivas. Sus perspectivas también son valiosas. Pensar en todas estas diferentes perspectivas en conjunto puede ayudarte a imaginar un futuro sostenible que funcione para todos, no solo para ti.

12. Piensa para ti sobre lo que quieres que incluya un futuro sostenible. Puedes utilizar tus propias ideas originales o ideas de otros lugares. Utiliza ideas provenientes de tus experiencias; de libros, películas u otros medios, o conversaciones que hayas tenido, como ayuda para pensar en estas preguntas.
  - a. ¿En qué querrías que el futuro fuera diferente de la vida como es ahora?
  - b. ¿Hay cosas que te gustaría que siguieran igual?
13. Ahora, toma un trozo de papel o abre un documento digital y divídelo en dos secciones. Denomina una sección "Esperanzas" y la otra, "Preocupaciones".
14. En la sección *Esperanzas*, escribe, dibuja o utiliza imágenes digitales para anotar tus ideas a fin de representar tus esperanzas para el futuro, para ti, tu área, las personas que te rodean y todo el mundo. No sientas que tus ideas tienen que ser posibles hoy, ¡sueña en grande!



15. Mientras piensas en tus esperanzas para un futuro sostenible, también puedes empezar a pensar en cosas que te preocupan o te inquietan sobre el futuro. Registra estas ideas en la sección *Preocupaciones*.

 **Consejo de seguridad emocional**

Cuando piensas en el futuro, está bien sentir preocupación o inquietud. Estos sentimientos son naturales, especialmente cuando el futuro se siente incierto. Si piensas en tus miedos, puedes tomar decisiones para intentar asegurarte de que no se hagan realidad.

16. Etiqueta un pizarrón de clase, un cartel grande o un documento digital compartido como “panel de tendencias del futuro”. Un **panel de tendencias** es una herramienta que ayuda a reunir ideas, conceptos y estilos a fin de diseñar algo. En este caso, estás diseñando el futuro.
- En una mitad del panel de tendencias, escribe “Esperanzas”. Llena esta mitad con palabras, dibujos, imágenes u otras maneras de representar las esperanzas de cada persona para un futuro sostenible.
  - En la otra mitad del panel de tendencias, escribe “Preocupaciones”. Llena esta mitad con palabras, dibujos, imágenes u otras maneras de representar las preocupaciones, los miedos o las inquietudes de cada uno sobre el futuro de las personas y el planeta.

 **Consejo de seguridad emocional**

A veces, es posible que quieras mantener tus esperanzas y preocupaciones sobre el futuro en privado. Solo comparte lo que te siente cómodo compartiendo.

17. Examina tu *Panel de tendencias para el futuro*.
- ¿Hay cosas que te sorprendan sobre las esperanzas y preocupaciones de los demás miembros de tu equipo?
  - ¿Hay esperanzas y preocupaciones que tengan en común?
18. Lee las *Pautas para el análisis en equipo*.



### Directrices para el análisis en equipo

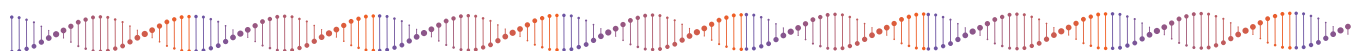
- Recuerda, escuchar muchas perspectivas y puntos de vista diferentes es bueno.
- Ábrete a escuchar ideas nuevas.
- Las diferencias en el equipo pueden ser útiles. Las personas con diferentes identidades pueden aportar nuevos conocimientos e ideas.
- Mira a la persona para ser un oyente activo y demostrarles que estás prestando atención.
- Sé respetuoso y espera que te muestren respeto. Las personas pueden tener ideas diferentes, y eso no significa que sus ideas estén equivocadas. Crear un equipo en el que todas las ideas sean bienvenidas es un paso importante para tomar decisiones sostenibles.

#### Consejo de seguridad emocional

A veces, los miembros de tu equipo pueden tener perspectivas diferentes de las tuyas. Eso está bien. Escucha atentamente, pero recuerda que solo porque alguien crea en algo no significa que tú debes creerlo. Está bien hacer una pausa en una conversación si te sientes incómodo o molesto.

19. Como equipo, analicen lo siguiente:

- a. ¿Crees que una persona con una identidad diferente, como alguien de otro lugar o que es mucho mayor, podría tener esperanzas y preocupaciones diferentes para el futuro?
- b. Si es así, ¿por qué podría ser importante incluir esas ideas sobre el futuro cuando piensen en un futuro sostenible?



**Comprender:** *¿Qué sabe y piensa mi comunidad sobre el futuro y la biotecnología?*

Como investigador de acción enfocado en el futuro y la biotecnología, una de tus tareas es averiguar más acerca de lo que otras personas de tu **comunidad** piensan acerca del futuro y cómo la biotecnología podría ayudar a crear un futuro sostenible.



Comprender las perspectivas en tu comunidad puede ser una parte importante de considerar qué es sostenible y qué acciones deseas tomar. Ayudar a tu comunidad comienza por considerar quién está en la comunidad y cómo se siente. Puedes investigar esto con una encuesta.

1. Primero, considera en qué comunidad deseas enfocarte. Una comunidad es un grupo de personas que comparten algo, por ejemplo, tu familia, tus compañeros de clase, tus profesores o tus vecinos. Una comunidad puede compartir espacio, como una comunidad local, nacional o global. O una comunidad puede compartir una identidad, como una religión, grupo étnico o interés común. Si piensas en tu mapa de identidad, probablemente te darás cuenta de que formas parte de muchas comunidades. ¿La perspectiva sobre el futuro y la biotecnología de qué comunidad te gustaría comprender? Convérsalo con tu equipo y decidan una comunidad a la que todos pertenezcan.
2. Con tu equipo, consideren qué sería importante saber acerca de las esperanzas y preocupaciones que tu comunidad tiene para el futuro. Escribe algunas preguntas que te gustaría hacer.
3. Lee *¿Qué es la biotecnología?* y piensa para ti si hay alguna forma de utilizar la biotecnología en tu vida en este momento.

### *¿Qué es la biotecnología?*

La biotecnología consiste en utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para satisfacer las necesidades de las personas y mejorar sus vidas. Incluye el uso de partes de células, organismos completos o incluso ecosistemas para satisfacer nuestras necesidades. También incluye realizar cambios en partes de células, organismos o ecosistemas para que se adapten mejor a las necesidades de las personas.

4. En esta guía, pensarás sobre la biotecnología y el futuro. Recomendamos comenzar haciendo preguntas generales sobre el futuro a las personas de tu comunidad, para que te ayuden a comprender sus perspectivas, esperanzas y preocupaciones. Recuerda lo que tú pensaste que estaba relacionado con tus esperanzas y preocupaciones sobre el futuro. Escribe cualquier pregunta que desees hacerle a tu comunidad. Por ejemplo:
  - a. ¿Qué será lo más importante para nuestra comunidad en el futuro?
  - b. ¿Cuál es la mayor amenaza para nuestra comunidad en el futuro?



5. También puedes hacer preguntas relacionadas específicamente con la biotecnología. Anota cualquier pregunta que desees hacer. Por ejemplo:
  - a. ¿Qué crees que significa biotecnología?
  - b. ¿Hay cosas que te entusiasmen sobre la biotecnología en el futuro?
  - c. ¿Hay cosas que te asusten sobre la biotecnología en el futuro?
  - d. O cualquier otra pregunta que desees hacer.
6. Lee las *Instrucciones para hacer una encuesta* a fin de obtener más información sobre cómo crear una encuesta y elegir tus preguntas.

### **Instrucciones de la encuesta**

Puedes utilizar una encuesta para comprender mejor a las personas de tu comunidad. Una encuesta es una lista de preguntas simples que puedes hacerle a un grupo de personas.

#### **Elección de las personas para encuestar**

- a. Piensa en las categorías de tu mapa de identidad. Utiliza esas categorías con el fin de elegir un grupo diverso de personas para encuestar, de modo que puedas obtener una idea más precisa sobre lo que tu comunidad piensa y siente. Por ejemplo, podrías encuestar a personas de muchas edades distintas o de más de un género.

#### **Formas en las que podrías realizar una encuesta**

- a. Hablar en persona, por teléfono o en una reunión virtual.
- b. Pedirles a las personas que respondan las preguntas en papel, por correo electrónico o en línea.
- c. Recopilar respuestas mediante una publicación en las redes sociales.

#### **Elección de las preguntas**

- a. Considera usar preguntas abiertas o cerradas. Un ejemplo de una pregunta abierta es: "¿Qué sería parte de un futuro sostenible?". Un ejemplo de una pregunta cerrada es: "¿Limitar el aumento de la temperatura global forma parte de un futuro sostenible?". Normalmente, puedes obtener más información con una pregunta abierta, pero si recibes muchas respuestas, puede ser difícil procesar todas las ideas diferentes. Usar una pregunta cerrada es más rápido, pero podrías perder la oportunidad de conocer algunas de las ideas de tu comunidad.






- b. Intenta hacer que tus preguntas sean neutrales. Esto significa que no estás tratando de imponer tu opinión en la pregunta. Por ejemplo, “¿Estás de acuerdo con que se debe utilizar la biotecnología para ayudar a crear un futuro sostenible?” no sería neutral. La persona que responde la pregunta puede suponer que quieres que responda “sí”. Una pregunta más neutral podría ser: “¿Crees que la biotecnología puede ser parte de un futuro sostenible?”.

### Consejos para realizar una encuesta

- Asegúrate de que tus preguntas sean fáciles de entender y específicas, como “¿Qué te preocupa sobre el futuro?”, en lugar de “¿Qué te preocupa?”.
- Piensa en el mejor método para la encuesta. ¿Existe una manera segura y fácil de reunir las opiniones de una amplia variedad de personas de tu comunidad?
- Piensa en la mejor manera de encuestar a tu comunidad. Por ejemplo, si deseas realizar una encuesta en línea, piensa si todas las personas tienen acceso a Internet.
- Es posible que algunas personas a las que les hagas la encuesta no estén familiarizadas con el significado de “biotecnología”. Recomendamos empezar compartiendo la definición de biotecnología con ellos antes de hacer las preguntas sobre la biotecnología. Por ejemplo, podrías decir: “La biotecnología consiste en utilizar seres vivos o partes de los seres vivos para satisfacer las necesidades de las personas. La biotecnología se puede utilizar de muchas maneras diferentes, como en la creación de distintos tipos de plantas para comer o crear nuevos medicamentos”.

### Consejos de seguridad para realizar una encuesta

Habla primero con tu profesor o un adulto de confianza para que te dé las indicaciones. Este sabrá qué es lo más seguro en tu comunidad.



#### Consejo de seguridad física

Nunca salgas solo y siempre mantente atento a tu entorno. Presta atención a los consejos locales sobre si es seguro interactuar con personas fuera de tu hogar.

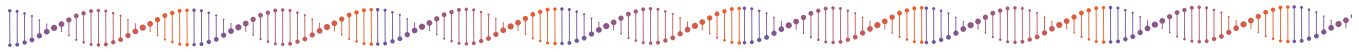


 **Consejo de seguridad emocional**

Puede ser difícil hablar con otras personas de la comunidad. Es posible que seas tímido o te pongas nervioso. Es posible que alguien te diga que no quiere hablar. ¡Está bien! No tiene nada que ver contigo. Simplemente significa que no quieren compartir. Puedes demostrarles respeto dándoles las gracias y, luego, seguir con otro miembro de la comunidad.

7. Examina las preguntas de tu lista y elige las que deseas hacerle a tu comunidad. Probablemente, querrás hacer entre cinco y diez preguntas en tu encuesta. Recomendamos tener una combinación de preguntas cerradas y abiertas.
8. Decide los métodos de encuesta, y elige dónde, a quién y cómo harás la encuesta.
9. Recuerda, incluir a todos es importante. Si estás trabajando con un equipo, es posible que tengas que ajustar la forma en que realizas la encuesta para que todos se sientan seguros, cómodos y capaces de ayudar. Está bien hacer estos cambios. Son parte de incluir a todos. Asegúrate de considerar los siguientes elementos:
  - a. Hora: Si la encuesta ocurre después de la escuela, ¿todos los miembros del equipo tienen tiempo para hacerlo?
  - b. Comodidad: Si decides moverte por la comunidad para realizar tu investigación, asegúrate de que todos los miembros de tu equipo se sientan seguros y capaces de hacerlo. Si no es así, ¿de qué otra manera podrían los miembros del equipo ayudar con la encuesta?
  - c. Ubicación: Si la encuesta se realizará en un lugar específico, ¿qué tan fácil es para los miembros del equipo llegar a ese lugar?
10. Si estás trabajando con un equipo, asigna diferentes funciones a las personas. Por ejemplo, si decides realizar una encuesta en línea, decide quién escribirá la encuesta, quién la compartirá y quién recopilará los resultados.
11. Por último, lleva a cabo la encuesta por tu cuenta o con tu equipo y registra los resultados.





## **Actuar:** ¿Cómo se relaciona la biotecnología con un futuro sostenible para mi comunidad local y mundial?

Preguntaste a tu comunidad acerca de sus esperanzas e inquietudes sobre el futuro y la biotecnología. Ahora puedes aplicar lo que aprendiste para pensar más acerca del futuro que desea tu comunidad y cómo se relaciona con un futuro global.

1. Saca tu *Panel de tendencias sobre el futuro* y examina los resultados de la encuesta. ¿Hay esperanzas y preocupaciones que otros miembros de tu comunidad comparten y que aún no forman parte de tu panel de tendencias? Si es así, agrega esas ideas ahora.
2. Con tu equipo, utiliza tu panel de tendencias a fin de analizar los objetivos importantes para un futuro sostenible. Estos objetivos podrían basarse en las esperanzas, como “todos tienen acceso a energía limpia” o pueden basarse en las preocupaciones, como “no más extinción de animales”.
3. Lee *Las Naciones Unidas y los objetivos de desarrollo sostenible*.

### **Las Naciones Unidas y los objetivos de desarrollo sostenible**

Lograr un futuro sostenible como el que acabas de imaginar es complejo. Muchas personas deben trabajar en equipo en muchos lugares para crear un futuro sostenible. Cuando muchas personas trabajan juntas, es bueno tener a alguien que organice las actividades. La Organización de las Naciones Unidas, también llamada ONU, es una organización global diseñada para ayudar a los Gobiernos y a las personas de todo el mundo a colaborar.

Hace unos años, la ONU les pidió a los países y a las personas de todo el mundo que se imaginaran un mundo y un futuro mejor. Trabajaron juntos para determinar una lista de objetivos. Luego, los países de la ONU llegaron a un **consenso** sobre los objetivos más importantes necesarios para lograr un mundo mejor. Estos objetivos para la comunidad global se denominan **Objetivos de Desarrollo Sostenible** (ODS) de la ONU.



# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Figura 1-3: Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

4. Examina los diferentes ODS. ¿Existen ODS que crees que son importantes para un futuro sostenible que tu equipo no analizó? ¿Crees que esos objetivos también son importantes? Si es así, agrega esas ideas a tu *Panel de tendencias del futuro*.
5. Las partes 2 a 7 de esta guía te ayudarán a explorar cómo la biotecnología puede ser parte de un futuro sostenible de diferentes maneras. Cada una de estas partes mostrará las posibilidades de utilizar la biotecnología y te apoyará para pensar en los riesgos. Tú y tu equipo intentarán equilibrar estas ideas y determinar cuándo se debe utilizar la biotecnología. Las partes 2 a 7 abordan los siguientes temas:
  - a. Parte 2: Biotecnología y sistemas de alimentos: Explorar cómo la biotecnología puede y debe ayudar a crear un sistema agrícola y alimentario equitativo y sostenible.
  - b. Parte 3: Biotecnología y materiales: Utilizar la biotecnología para crear nuevos materiales, como materiales de construcción sostenibles, alternativas al plástico y órganos para trasplantes.
  - c. Parte 4: Biotecnología y salud humana: Diagnosticar y tratar problemas médicos mediante el uso de biotecnología.

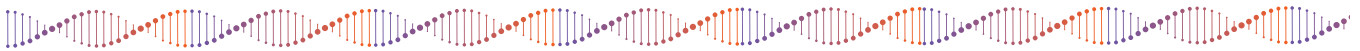


- d. Parte 5: Biotecnología y datos genéticos: Examinar los datos genéticos que se recopilan, y considerar cómo y cuándo se deberían utilizar.
  - e. Parte 6: Biotecnología y medioambiente: Utilizar la biotecnología para ayudar a solucionar problemas, como la contaminación y la pérdida de biodiversidad. La **pérdida de biodiversidad** es una disminución en la variedad de los numerosos seres vivos diferentes que hay en la Tierra.
  - f. Parte 7: Biotecnología y seguridad: Investigar cuándo se podría y debería utilizar la biotecnología para hacer del mundo un lugar más seguro.
6. Calcula cuánto tiempo tienes para completar las partes de esta guía. Por ejemplo, tu profesor podría decirte que solo tienes tiempo para hacer una parte, algunas partes o tal vez la guía completa.
  7. Si no tienes tiempo para realizar todas las partes, habla con tu equipo y elijan las partes que estén más estrechamente relacionadas con las esperanzas o preocupaciones de su *Panel de tendencias del futuro*. Después de la siguiente tarea, puedes comenzar a trabajar en las partes que seleccionaste.



## Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a crear un futuro sostenible?

La biotecnología está cambiando rápidamente las cosas que las personas pueden hacer o incluso imaginar hacer. En esta tarea, **descubrirás** formas en las que ya estás utilizando la biotecnología y pensarás más sobre cómo se podría usar en el futuro. Investigarás para **comprender** más acerca de las nuevas herramientas en biotecnología y cómo se pueden utilizar. Luego, **actuarás** en función de esta información para comenzar a pensar sobre **ética** y cómo se debería utilizar la biotecnología.



**Descubrir:** *¿Cómo utilizo la biotecnología ahora y cómo podría utilizarla en el futuro?*

**Tecnología** se refiere a los materiales y métodos utilizados para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, hace mucho tiempo, las personas desarrollaron el método de utilizar diferentes materiales para crear ruedas, lo que ayudó a resolver un problema de transporte. Las ruedas son un ejemplo de tecnología. La biotecnología consiste en utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades. Aunque se desarrollan nuevas biotecnologías todos los días, las personas han utilizado la biotecnología de ciertas maneras durante miles de años. Para comenzar esta actividad, pensaremos en la biotecnología en tu vida.

1. Piensa para ti. ¿En qué piensas cuando te imaginas un ser vivo? Lo primero que se les ocurre a muchas personas es un animal. ¿Crees que los animales han cambiado con el tiempo para satisfacer mejor las necesidades humanas? Analiza tus ideas con tu equipo.
2. Lee *Domesticación y reproducción selectiva* para obtener más información.

### *Domesticación y reproducción selectiva*

Dentro de cualquier **especie** o tipo específico de ser vivo, hay mucha **variación** o diferencias. Por ejemplo, piensa en las diferencias en la apariencia de las personas, sus capacidades, los comportamientos que tienen y las cosas que les interesan.

Incluso antes de que entendieran cómo funcionaba el proceso, las personas notaron la existencia de la **herencia**, es decir, que algunos **rasgos** o características



de los padres a menudo se traspasan a sus hijos o **crías**. La herencia se produce en los seres humanos y en otros seres vivos. Por ejemplo, es probable que la cría de un caballo de carrera veloz también sea un corredor rápido. Es probable que la cría de una oveja que tiene lana muy fina también tenga lana fina. Los animales que son amigables con los seres humanos tienen más probabilidades de tener crías que sean amigables con los seres humanos.

Hace miles de años, las personas comenzaron a utilizar la idea de herencia para **domesticar** animales, que es el proceso de cambiar una especie de su estado salvaje a fin de que sea más útil para un propósito específico. Las personas reproducían dos animales que tenían rasgos que deseaban alentar, con la esperanza de que sus crías tuvieran los mismos rasgos. Este proceso se conoce como **reproducción selectiva**.



*Figura 1-4: Lobo gris.*

El primer animal domesticado fue el perro. Su ancestro silvestre estaba más cerca de ser un lobo, pero las personas utilizaron la reproducción selectiva, y la nueva especie resultante era más amigable con los seres humanos y se podía utilizar como asistente de caza. Muchas otras especies de animales y plantas se domesticaron con el tiempo y, a menudo, desarrollaron rasgos muy diferentes de los de sus antepasados silvestres. Incluso dentro de una especie domesticada, los seres humanos han reproducido plantas y animales selectivamente para obtener diferentes rasgos, como un tamaño, un color o la capacidad de correr largas distancias. Los perros son un buen ejemplo de la amplia diversidad creada por la reproducción selectiva dentro de una especie.





Figura 1-5 Variedad de perros.

La domesticación y la reproducción selectiva son ejemplos de biotecnología. La reproducción selectiva produjo muchas de las diferencias entre los perros que se muestran en la figura 1-5.

3. Debate con tu equipo. ¿Con qué animales domesticados estás familiarizado? Enumera los animales que las personas utilizan como acompañantes, como alimento, para obtener productos, como leche o lana, o para trabajar, como transportar personas o tirar cargas. Para cada animal que enumeres, intenta pensar en los rasgos que las personas podrían haber seleccionado mientras domesticaban al animal. Escribe tus respuestas en una pizarra de la clase o simplemente débátelas.
4. Con tu equipo, analicen las imágenes de la figura 1-6. A veces, dentro de una especie (como las vacas), las personas han elegido diferentes rasgos para seleccionar. Esto da como resultado diferentes **razas** o tipos dentro de las especies. En la figura 1-6, una de las vacas se utiliza con el fin de producir leche para vender. La otra se utiliza por su carne.
  - a. ¿Qué rasgos diferentes notas entre las dos vacas?
  - b. ¿Qué rasgos podrían ser importantes para la producción de leche o carne?
  - c. ¿Qué vaca crees que se utiliza para producir leche?







Figura 1-6: Vaca lechera (izquierda) y vaca de carne (derecha).

5. Examina las imágenes en la figura 1-7. Las personas han domesticado plantas mediante la reproducción selectiva. A menudo, intentaron cambiar plantas salvajes para producir más de su parte comestible o deseable, y para que fueran más fáciles de plantar y cosechar. Intenta hacer coincidir la planta domesticada en la parte superior con su ancestro silvestre en la parte inferior.



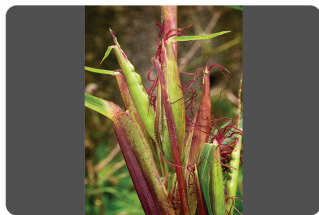
Zanahorias



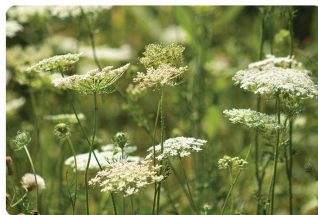
Arroz



Maíz o elote



Teosinte



Zanahorias silvestres



Rufipogon (arroz rojo)

Figura 1-7: Plantas domesticadas y sus ancestros silvestres.

6. Compara tus respuestas con las que se indican a continuación. ¿Cómo elegiste cuáles emparejar? ¿Qué notas acerca de los cambios en cada planta durante la domesticación?



- a. Las zanahorias se emparejan con las zanahorias silvestres.
  - b. El arroz se empareja con el rufipogon (arroz rojo).
  - c. El maíz/elote se empareja con el teosinte.
7. Examina la planta de col silvestre en la figura 1-8. Al igual que los criadores de animales, los criadores de plantas, a veces, se enfocan en partes específicas de la planta para cambiarlas. ¿Qué parte crees que los criadores seleccionaron para producir los vegetales comestibles que se muestran en la figura 1-9? Empareja cada parte del col silvestre con un vegetal específico.

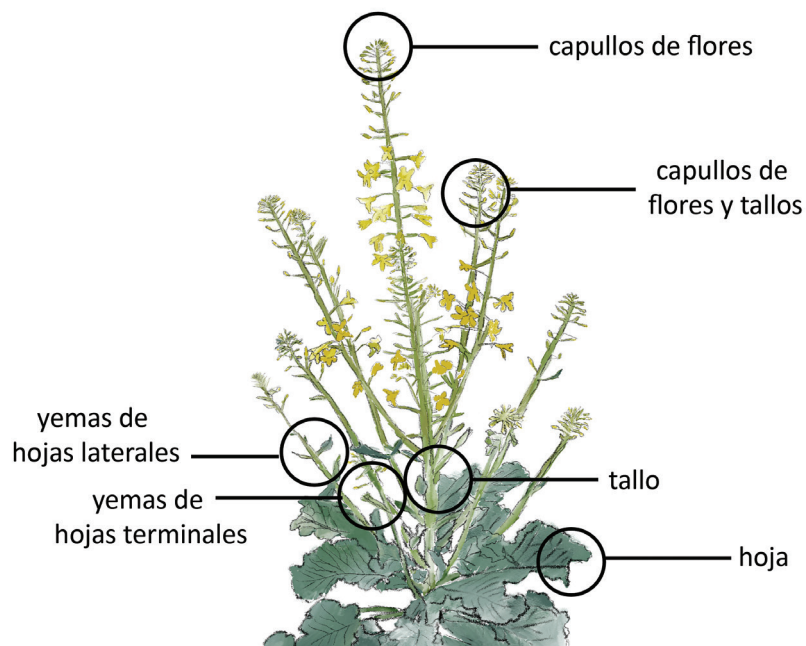


Figura 1-8: Planta de col silvestre.



Figura 1-9: Coliflor, repollo, colinabo, col risada, coles de Bruselas y brócoli (de izquierda a derecha).

8. Revisa tus respuestas.
- a. La selección de los capullos de flores creó la coliflor.
  - b. La selección de las yemas terminales de las hojas creó el repollo.
  - c. La selección del tallo creó el colinabo.



- d. La selección de la hoja creó la col rizada.
  - e. La selección de las yemas de hojas laterales creó las coles de Bruselas.
  - f. La selección de los capullos de flores y los tallos creó el brócoli.
9. Analiza con tu equipo la forma en que las personas utilizan las plantas además de comerlas, por ejemplo, para fabricar ropa o materiales de construcción. ¿Crees que las personas también pueden haber utilizado la reproducción selectiva para domesticar plantas utilizadas de esas maneras?
  10. Además de las plantas y los animales, ¿sabías que las personas de todo el mundo a menudo comen cosas que son demasiado pequeñas para verlas, denominadas **microorganismos**? Debate con tu equipo. ¿Crees que comes alimentos que contienen microorganismos?
  11. Lee *Microorganismos y preparación de alimentos* para obtener más información.

### *Microorganismos y preparación de alimentos*

Las personas han preparado pan y producido cerveza por miles de años. ¿Qué tienen en común estos dos procesos? Ambos utilizan un microorganismo, la levadura, para crear algo que se puede comer o beber. En productos horneados, como el pan, la levadura consume los carbohidratos (harinas y azúcares) en la masa del pan y produce gas de dióxido de carbono. Este gas de dióxido de carbono queda atrapado en la masa del pan y hace que se eleve. Cuando se elabora cerveza, la levadura consume los carbohidratos (azúcares) del grano y produce gas de dióxido de carbono, lo que genera burbujas en la cerveza y alcohol.



Figura 1-10: Masa de pan levantándose y pan horneado.



La **fermentación** es una técnica de preparación de alimentos que consiste en agregar microorganismos a los alimentos o estimular el desarrollo de microorganismos naturales. Los microorganismos que fermentan consumen carbohidratos y, generalmente, producen gases como dióxido de carbono, ácidos o alcoholes. La fermentación da como resultado muchos tipos diferentes de alimentos. A menudo, más de un tipo de microorganismo forma parte del proceso. Se utilizan hongos, como levadura y moho, y diferentes tipos de bacterias útiles para fermentar alimentos y bebidas en muchos lugares del mundo.

Por ejemplo, hay bacterias específicas que se agregan a la leche para producir yogur y queso. También se les agrega moho a ciertos tipos de queso. A veces, los granos se fermentan, como en el pan de masa madre o en la injera. Los productos de vegetales y frutas fermentadas, como kimchi, miso, chucrut, chicha morada y vinagre, son comunes en muchos lugares.

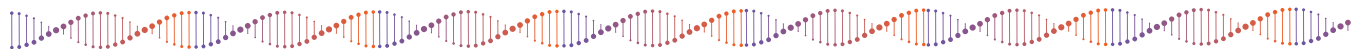


*Figura 1-11: Ejemplos de alimentos fermentados: kimchi, repollo encurtido, sopa de miso (parte superior, de izquierda a derecha), yogur, pepinillos fermentados, chucrut (parte inferior, de izquierda a derecha).*

La fermentación de los alimentos a menudo hace que sean más fáciles de digerir e introduce bacterias útiles para tu sistema digestivo. La fermentación también ayuda a preservar los alimentos. El uso de microorganismos en la preparación de alimentos es un ejemplo de biotecnología. Si quieres obtener más información sobre la biotecnología y los alimentos, puedes visitar el [StoryMap de ¡Biotecnología!](#) para encontrar un enlace a la guía de investigación comunitaria del Instituto Smithsoniano, *¡Comida!*



12. Con tu equipo, hagan una lista de maneras en que se les ocurre que se utiliza la fermentación para producir alimentos y bebidas en su comunidad. Es posible que nunca te hayas dado cuenta de que un alimento o bebida estaba fermentado, por lo que estas son algunas pistas para identificar la fermentación:
  - a. ¿Qué sabor tiene? Los alimentos con microorganismos a menudo tienen un sabor a levadura, ácido (por el ácido producido) o alcohólico (por el alcohol producido).
  - b. ¿Se crean burbujas durante la preparación? Las burbujas pueden ser una señal de que hay gases producidos por microorganismos. Sin embargo, debes pensarlo cuidadosamente, ya que no todos los alimentos o bebidas burbujeantes tienen fermentación. Por ejemplo, las bebidas gaseosas tienen dióxido de carbono que sus productores agregaron para crear las burbujas.
  - c. ¿Los alimentos o bebidas se mezclan y después se dejan reposar? Los microorganismos necesitan tiempo para crecer. Las bebidas y los alimentos fermentados suelen dejarse desarrollar desde unas pocas horas hasta muchos años.
  - d. ¿Los alimentos o bebidas utilizan cultivos o iniciadores en el proceso? Los cultivos y los iniciadores a menudo contienen los microorganismos necesarios para iniciar la fermentación.
13. Piensa para ti de qué manera las biotecnologías, como la domesticación, la reproducción selectiva y la fermentación, te han afectado a ti y a tu vida. ¿Cómo crees que la historia humana sería diferente sin las formas en que las personas han utilizado y cambiado animales, plantas y microorganismos?
14. Piensa en una historia acerca del impacto que ha tenido sobre ti algo producido con biotecnología, por ejemplo, la historia de una mascota, una comida favorita o una planta con la que estés familiarizado. Comparte esta historia con un compañero o con tu equipo, o bien escríbela o dibújala.



**Comprender:** *¿Cuáles son algunas de las herramientas genéticas de la biotecnología?*

La domesticación y la reproducción selectiva dependen de la idea de que los hijos heredan rasgos de sus padres. Durante muchos años, aunque las personas entendían esta idea de la herencia de los padres, no sabían cómo funcionaba. Finalmente, se dieron cuenta de que los **datos genéticos** se transmiten de padres a hijos. Los datos genéticos son un conjunto de instrucciones en cada célula sobre cómo construir y mantener un ser vivo. Los seres vivos con una madre y un padre reciben una copia de



los datos genéticos de ambos padres. Sin embargo, no fue hasta la década de 1950 que los científicos descubrieron la estructura de los datos genéticos. Una molécula, conocida como **ADN**, transfiere y almacena datos genéticos.

Descubrir y comprender la estructura del ADN cambió la biotecnología para siempre. Proporcionó una nueva manera de entender las cosas vivientes. Los investigadores también aprendieron que, cambiando el ADN, los científicos podían cambiar los datos genéticos y los rasgos de los seres vivos. Debido a que el ADN es tan importante para la biotecnología, en esta actividad, aprenderás más sobre su estructura y cómo funciona. Esto te ayudará a completar el resto de la guía.

1. Reflexiona acerca de estas preguntas.
  - a. ¿Qué cosas a tu alrededor crees que tienen ADN?
  - b. ¿Qué podrías saber o hacer si tuvieras acceso a ese ADN?
2. Lee las *Instrucciones de extracción de ADN* y realiza una extracción de ADN.

### **Instrucciones para la extracción de ADN**

El ADN contiene una gran cantidad de información y se encuentra en todos los seres vivos. Separar las células y sacar algo, o **extraer** el ADN, suele ser el primer paso en la investigación y las aplicaciones de la biotecnología. En este experimento, tú mismo completarás una extracción de ADN.

#### **Lo que necesitarás**

- Alcohol: Un alcohol para frotar (isopropílico) o etanol de al menos un 70 % de concentración. Puedes comprar esto en una botica, farmacia o en lugares donde se venden artículos de primeros auxilios. NO uses bebidas alcohólicas; el experimento no funcionará.
- Fuente de ADN: Puedes elegir tu fuente: las fresas, los plátanos y los guisantes (frescos, secos o congelados) funcionan bien, así como muchas frutas y semillas. Elige algo que puedas obtener con facilidad.
- Envases: Una bolsa plástica, un recipiente o un vaso. Utilizarás esto para colocar la fuente de ADN mientras la muelas. También necesitarás otro recipiente para mezclar algunos ingredientes.
- Tenedor o cuchara: Para moler la fuente de ADN.
- Agua: Usa el agua limpia que tengas disponible.
- Sal: La sal para cocinar común y corriente está bien.
- Detergente: El jabón para lavar platos o el champú funcionan bien.
- Filtro: Cualquier filtro de café servirá. Si no hay uno disponible, puedes usar una toalla de papel, un tamiz muy fino o incluso una camiseta antigua.



- Envase transparente: Un vaso de vidrio o plástico funcionará mejor, pero puedes usar un tazón si eso es lo que tienes.
- Mondadientes

### Instrucciones

- Coloca el alcohol en un congelador durante 24 horas antes de comenzar.
- Coloca la fuente de ADN en un recipiente y aplástala o muélela para formar una pasta. Necesitas aproximadamente 100 ml (media taza) de la fuente de ADN. Puedes colocarla en una bolsa plástica, como en la figura 1-12, o en un recipiente o un vaso y utilizar un tenedor o una cuchara para molerla. Este proceso rompe las paredes celulares de las plantas.



Figura 1-12: Fresas molidas en una bolsa plástica.

- En otro vaso o tazón, mezcla alrededor de 100 ml (media taza) de agua, 5 g (1 cucharadita) de sal y 10 ml (2 cucharaditas) de detergente. Mézclalo bien.



Figura 1-13: Mezcla de sal, agua y detergente.



- d. Agrega aproximadamente 10 ml (2 cucharaditas) de esta mezcla de agua a tu fuente de ADN molida. Mezcla suavemente. El detergente ayudará a descomponer los lípidos (grasas) en las membranas celulares y a liberar el ADN. La sal ayuda a que el ADN sea más fácil de extraer.
- e. Pasa la mezcla a través del filtro al envase transparente.



Figura 1-14: Filtrar la mezcla de fresas.

- f. Saca el alcohol del congelador y viértelo suavemente por el costado del recipiente transparente. Vierte una cantidad de alcohol similar a la cantidad de mezcla de ADN.
- g. Observa cuidadosamente. El alcohol reposará en una capa por encima de la mezcla de la fuente de ADN. Sin embargo, el ADN comenzará a **precipitarse**, o a salir de la solución, en el alcohol. A medida que el ADN se precipita, comenzarán a aparecer manchas color blanco turbio en el alcohol. Deja que la mezcla repose entre 5 y 15 minutos para obtener la mayor cantidad de ADN.
- h. Puedes girar un mondadientes o un pincho en la capa de alcohol para recoger el ADN. Será pegajoso y un poco viscoso. Esta sustancia visible es el ADN de muchas células pegado.



Figura 1-15: Mondadientes con el ADN extraído de fresas.





### Ir más allá

Ahora que extrajiste el ADN de una fuente, prueba con otra. El ADN es parte de cada ser vivo. Sin embargo, puede ser complicado extraerlo de las raíces, hojas y tallos de las plantas. También puedes extraer ADN de productos animales, como el hígado de pollo. Para algunas cosas, es posible que necesites una licuadora a fin de romper las células en lugar de simplemente molerlas a mano.

Puedes extraer el ADN en todo tipo de cosas, desde las vainas de semillas que se obtienen de las plantas hasta tu propia saliva. ¿Qué puedes encontrar a tu alrededor para usar como fuente de ADN?

3. Analiza los resultados de tu experimento con tu equipo.
  - a. ¿Pudiste extraer ADN?
  - b. ¿Qué crees que podrías hacer con el ADN una vez extraído?
4. Lee *ADN: Instrucciones para la vida*.

### ADN: Instrucciones para la vida

La información del ADN se almacena en **bases**. Existen cuatro tipos de bases: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Las bases forman una secuencia larga que almacena información sobre cómo hacer diferentes proteínas.

Cada tipo de base se empareja con otro tipo, por lo que A siempre se empareja con T y C siempre se empareja con G. Estas parejas se conocen como **pares de bases**. Tal vez sepas que el ADN es una molécula de doble hélice. Cada lado contiene una secuencia de bases emparejadas con el otro conjunto de pares de bases, como se muestra en la figura 1-16.



Figura 1-16: Ilustración de una doble hélice con pares de bases coincidentes.



Si quieres asegurarte de que comprendes, puedes utilizar la secuencia que aparece aquí y completar los pares de bases correspondientes. Los primeros pares están marcados en rojo como referencia.

A T A C C G C A T T A T C G C G G A A A T C T C G A T  
 T A T G

En 1990, científicos de todo el mundo decidieron que era importante determinar el **genoma** humano, o secuencia de ADN, completo, que tiene alrededor de 3000 millones de pares de bases en total. Los investigadores de 20 instituciones en seis países trabajaron juntos como parte del proyecto del genoma humano y, en el 2001, publicaron la secuencia de casi todo el genoma humano. Los investigadores siguieron aumentando sus conocimientos y, en el 2022, completaron las brechas finales. La primera secuencia del genoma humano producida en el 2001 costó alrededor de mil millones de dólares. Hoy en día, la secuenciación de un genoma humano completo cuesta menos de USD 1000, y el costo sigue bajando.

5. Analiza con tu equipo:

- a. ¿Por qué crees que fue útil secuenciar el genoma humano completo?
- b. Los genomas de diferentes seres humanos son iguales en un 99,9 %.  
 ¿Por qué crees que todavía hay necesidad de secuenciar genomas humanos individuales?
- c. Los investigadores también han estado secuenciando los genomas de otros seres vivos. ¿Qué podrían esperar aprender de esa información?

6. Lee Expresión y variación genética.

### Expresión y variación genética

Sabes que los datos genéticos son transportados por el ADN molecular y que se entregan copias del ADN de los padres a sus crías. Pero ¿cómo es que estos datos genéticos crean diferentes rasgos? Las largas hebras de ADN se organizan en secciones más pequeñas, denominadas **genes**. Una célula puede copiar y utilizar los genes para producir proteínas. Las células “leen” la secuencia de pares de bases en un gen para averiguar cómo formar una proteína específica. La producción de estas proteínas se denomina **expresión génica**.



Los genes codifican proteínas específicas que crean rasgos específicos. Algunos rasgos, como si una persona tiene un lóbulo largo en la oreja o si puede enrollar la lengua, están determinados por un solo gen. Otros rasgos, como la altura y el color de la piel de una persona, se determinan mediante varios genes.

Incluso los pequeños cambios en la secuencia de los pares de bases en un gen pueden crear grandes cambios en la proteína.

Usemos una **analogía** para explicarlo. Imagina que en lugar de las cuatro letras (a, c, g y t) que representan las bases del ADN, las instrucciones del ADN utilizaran las letras del alfabeto para compartir información.

Toma un papel y un lápiz para escribir. Harás un modelo de una célula “leyendo” un gen de su ADN. Para cada oración en negrita, sigue las instrucciones. En esta analogía, un gen inicial podría leerse de la siguiente manera:

**Comienza aquí: Lee esta oración y, luego, dibuja una caja.**

Como parte de la analogía del modelo, probablemente dibujaste un cuadro.

Sin embargo, a veces, cuando se copia el ADN, la célula podría cometer un error y copiar una letra incorrecta. Los genes con una o más diferencias como esas se denominan **variantes**. En esta analogía, el error podría ser bastante pequeño, pero cambiará el significado. Sigue las instrucciones de la siguiente oración.

**Comienza aquí: Lee esta oración y, luego, dibuja una casa.**

¿En qué se diferencia lo que dibujaste esta vez? En el ejemplo, la “j” de caja cambió a una “s”, lo que cambió el significado de la oración.

A veces, los pequeños cambios como este no crean un problema. Sin embargo, otras veces, pueden significar que la persona con la variante no pueda producir una determinada proteína de forma adecuada. Las enfermedades como Tay-Sachs, fibrosis quística y anemia falciforme son causadas por variantes como esta.

En el pasado, una vez que se producía una variante problemática, no había manera de solucionarla. Sin embargo, en el 2012, los científicos comenzaron a utilizar una nueva herramienta de biotecnología llamada **CRISPR-Cas9**. CRISPR, a veces, se denomina “tijeras de ADN”, porque puede cortar el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases.



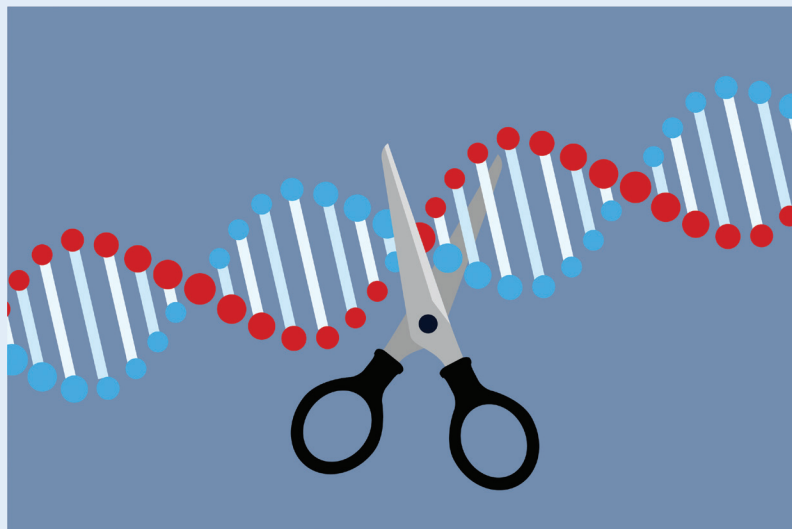


Figura 1-17: Ilustración de CRISPR-Cas9, a veces conocido como tijeras de ADN.

El desarrollo de estas técnicas significa que es más fácil que nunca para las personas cambiar genes de formas muy específicas, un proceso llamado **edición genética**. Por ejemplo, en esta analogía, utilizando CRISPR, la palabra “casa” podría cambiarse a la palabra original “caja”.

O, mediante CRISPR, se podría agregar nuevas instrucciones. Continúa modelando la lectura celular de un gen y sigue las instrucciones a continuación:

**Comienza aquí: Lee esta oración y, luego, dibuja una caja y un arcoíris.**

O mediante el uso de CRISPR, los científicos pueden sacar una parte del gen. Este es un ejemplo de eso con la analogía de la oración. Sigue las instrucciones de la frase en negrita.

**Comienza aquí: Lee esta oración.**

O mediante el uso de CRISPR, los científicos pueden sacar un fragmento del gen y reemplazarlo por otra secuencia de pares de bases. Sigue las instrucciones de la oración en negrita para ver un ejemplo de esto.

**Comienza aquí: Lee esta oración y, luego, piensa en una caja.**

O mediante el uso de CRISPR u otras técnicas, los científicos pueden evitar que los genes se expresen. Esto se denomina **silenciamiento génico**. Sigue las instrucciones de la oración en negrita para ver un ejemplo de esto.



**Detente aquí: Lee esta oración y, luego, dibuja una caja.**

Examina lo que dibujaste en tu papel. ¿Obtuviste instrucciones diferentes después de que el gen fuera editado?

CRISPR y otras herramientas de edición genética similares hacen que sea posible cambiar partes específicas del genoma de cualquier ser vivo.

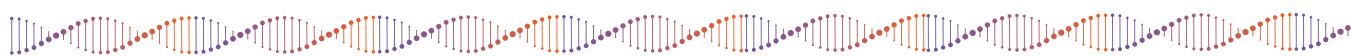
Mediante las herramientas de edición genética, la expresión génica puede cambiar de muchas maneras. Cambiando el ADN en los genes se pueden cambiar las proteínas para las que codifican. Los errores en la copia de genes se pueden corregir y se pueden agregar nuevas instrucciones. Mediante el silenciamiento génico, un gen que está causando un problema puede “desactivarse”.

Si deseas obtener más información sobre cómo funciona la expresión génica y la edición dentro de una célula, puedes encontrar más recursos en el [StoryMap de ¡Biotecnología!](#)

Las partes 2 a 7 contienen más información acerca de cómo la edición genética y otras herramientas de biotecnología han abierto muchas nuevas posibilidades para la salud humana, el medioambiente y muchas otras áreas.

7. Analiza con tu equipo:

- a. ¿Puede pensar en una forma o formas específicas en que se podría utilizar una herramienta de edición genética para ayudar a las personas o al planeta?
- b. Si no puedes, no te preocupes, aprenderás más durante el resto de la guía.



**Actuar:** *¿Qué preocupaciones tengo sobre el uso sostenible de la biotecnología?*

Las herramientas de biotecnología pueden cambiar el mundo que nos rodea de formas drásticas. Sin embargo, el simple hecho de que las cosas se puedan hacer no significa que haya que hacerlas. En esta actividad, comenzarás a considerar cómo y cuándo crees que se debe utilizar la biotecnología.

1. En equipo, saquen un trozo de papel en blanco o utilicen una sección de un pizarrón de la clase. Dividan el papel o el pizarrón en cuatro secciones y dibujen un círculo en el medio, como se muestra en la figura 1-18. En una sección, escriban “Social”, en otra, “Económica”, en otra, “Medioambiental” y, en la última, “Ética”.



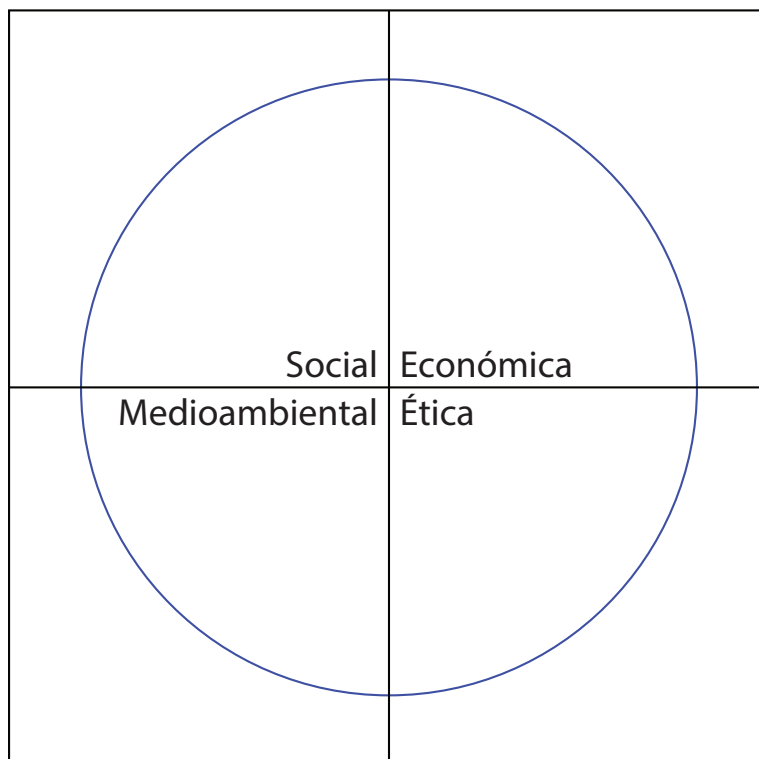


Figura 1-18: Hoja de perspectivas.

2. Lee *Perspectivas diferentes* y piensa en lo que significan las diferentes perspectivas. Escribe palabras o dibuja fotos dentro de cada sección del círculo como ayuda para recordar las preocupaciones de las personas pensando en cada perspectiva.

### Diferentes perspectivas

Las personas pueden tener diferentes perspectivas. A menudo, la perspectiva de una persona puede estar relacionada con partes de su propia identidad o experiencias.

Considerar diferentes perspectivas puede ayudar a descubrir soluciones para un futuro sostenible. Sostenible significa equilibrar a largo plazo las necesidades de diferentes personas y seres vivos. Cuando pensamos en la sostenibilidad, es importante considerar cuatro tipos de perspectivas: social, económica, ambiental y ética.

- La perspectiva **social** trata de la interacción de las personas en una comunidad. Desde esta perspectiva, la salud, la educación y el bienestar de las personas son lo más importante.
- La perspectiva **económica** trata del dinero, los ingresos y el uso del capital. Desde esta perspectiva, el crecimiento económico, incluido asegurarse de que las personas tengan trabajos y suficiente dinero, es lo más importante.



- La perspectiva **ambiental** trata del mundo natural. Desde esta perspectiva, proteger nuestro planeta y sus sistemas naturales es lo más importante.
- **Ético** significa que algo es justo. Desde esta perspectiva, hacer lo correcto y tener una comunidad en la que todas las personas reciben un trato justo es lo más importante.

3. Ahora lee las *Situaciones de biotecnología*. En cada sección de tu *Hoja de perspectivas*, dibuja imágenes o escribe palabras que muestren maneras en que esta situación podría ser útil desde esa perspectiva en particular. También dibuja o escribe formas en las que crees que la situación podría preocupar o inquietar a las personas que piensan desde esta perspectiva.

### *Situaciones de biotecnología*

**Situación 1:** Un investigador modifica el ADN de una célula de un óvulo humano mediante la edición de un gen para que la célula sea más resistente a las enfermedades.

**Situación 2:** Los biólogos de plantas utilizan CRISPR a fin de modificar el ADN de una planta de arroz para insertar un gen que hace que la planta necesite menos agua para crecer. El próximo año comenzarán a utilizar esta planta modificada en las granjas locales.

**Situación 3:** Un tratamiento genético que consiste en insertar nuevas secuencias de ADN en las células corporales objetivo ayuda a curar una enfermedad rara. El tratamiento solo está disponible en algunos hospitales y cuesta USD 450 000.

**Situación 4:** Una empresa recopila y secuencia muestras de ADN, lo que permite a los clientes comprender mejor su herencia familiar y el riesgo de enfermedades específicas. Estos datos podrían ser utilizados por empleadores o empresas de seguros para tomar decisiones sobre contratar o asegurar a las personas. Sin embargo, en este momento, la política de privacidad de la empresa establece que los datos solo serán utilizados por la empresa misma.

**Situación 5:** Una especie de mosquito porta e infecta a las personas con la enfermedad Zika. Un equipo de investigadores introduce una modificación genética a esa especie de mosquito. La modificación genética destruirá lentamente la población de mosquitos con el paso del tiempo, ya que limitará su capacidad de reproducción. Los investigadores esperan que esto detenga la propagación de la enfermedad Zika. El equipo planea liberar el mosquito modificado en la naturaleza.



4. Examina todas las preocupaciones de la *Hoja de perspectivas* con tu equipo. ¿Hay **temáticas** específicas o ideas principales que llamaron tu atención? Si es así, toma nota de estas temáticas.
5. A menudo, surgen varias **temáticas** cuando se piensa en el uso ético de la biotecnología. Examina las temáticas que aparecen a continuación y anota si se reflejan en algunas de las cosas que pensaste desde las perspectivas social, económica, ambiental y ética.
  - a. Acceso: ¿Quién puede utilizar la biotecnología y beneficiarse de esta?
  - b. Privacidad: ¿Qué datos personales están disponibles y cómo se pueden utilizar?
  - c. Ecosistemas desequilibrados: Los sistemas naturales **son interdependientes**, lo que significa que las diferentes partes del sistema dependen unas de otras. ¿La biotecnología desequilibrará el sistema de manera inesperada?
  - d. Persistencia: ¿La modificación permanecerá en el cuerpo de un ser vivo o en sistemas naturales más grandes? ¿La modificación se esparcirá sin control?
  - e. Toma de decisiones: ¿Quién debería decidir sobre estos problemas? ¿Cómo afectan las decisiones de una persona o grupo a los demás?
  - f. Seguridad: ¿Cuál es el daño potencial?
6. Analiza con tu equipo qué temáticas éticas crees que son las más importantes para tener en cuenta cuando consideras si se debe utilizar la biotecnología.
7. Elige algunas o todas las temáticas que aparecen aquí, así como cualquier otra temática que consideres importante. Crea una lista, un gráfico, una infografía, una obra de arte u otro método como ayuda para recordar estas temáticas. Conserva esta *Lista de preocupaciones éticas*; la necesitarás en otras partes de esta guía. Si se trata de un recordatorio visual, podrías colocarlo en algún lugar del aula.
8. Regresa y examina tu *Panel de tendencias del futuro*. Piensa para ti o comparte con tu equipo:
  - a. Pensando en tus esperanzas para el futuro, ¿algunas de ellas podrían verse amenazadas por las temáticas éticas que identificaste?
  - b. Pensando en tus inquietudes sobre el futuro, ¿puede que algunas de ellas se vuelvan más probables debido a las temáticas que identificaste?





# ¡Felicitaciones!

## Terminaste la parte 1.

***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Analogía:** Comparar dos cosas para ayudar a aclarar

**Bases:** Los cuatro tipos de unidades de ADN que almacenan información: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T)

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Comunidad:** Un grupo de personas que tienen algo en común, como el espacio en el que viven o una identidad

**Consenso:** Decisión equilibrada que beneficia a todas las personas que forman parte de un grupo.

**Cría:** Los hijos de los padres

**CRISPR-Cas9:** Una herramienta de biotecnología que corta el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases

**Datos genéticos:** El conjunto de instrucciones dentro de una célula sobre cómo construir y mantener un ser vivo

**Domesticar:** El proceso de cambiar una especie de su estado silvestre a fin de que sea más útil para un propósito específico



**Económica:** Relativo al dinero, los ingresos y el uso del capital.

**Edición de genes:** Cambiar genes de formas muy específicas y con propósitos particulares

**Especie:** Un tipo específico de ser vivo, como un ser humano, un perro o una palmera

**Ética:** Justicia de algo.

**Ético:** Algo que es justo

**Expresión génica:** Producir una proteína específica a partir de un gen

**Extraer:** Sacar una parte de una cosa más grande

**Fermentación:** Una técnica de preparación de alimentos que agrega microorganismos a los alimentos o estimula el desarrollo de microorganismos naturales

**Futuro sostenible:** Un futuro que equilibra las preocupaciones sociales, económicas, ambientales y éticas, y que funciona bien para las personas y el planeta

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Genoma:** La secuencia de ADN completa de un ser vivo

**Genoma:** La secuencia de ADN completa de un ser vivo

**Herencia:** El proceso por el que los rasgos o las características de los padres se transmiten a sus hijos



**Interdependiente:** Cuando diferentes cosas, personas o partes de un sistema dependen unas de otras

**Investigador de acción:** Una persona que trabaja con su comunidad para descubrir, comprender y actuar sobre los problemas locales y globales que conoce

**Medioambiental:** Relativo al mundo natural.

**Microorganismos:** Seres vivos que son demasiado pequeños para verlos sin un microscopio

**Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Diecisiete objetivos para un mundo mejor creados por los países de las Naciones Unidas

**Panel de tendencias:** Una herramienta que ayuda a reunir ideas, conceptos y estilos a fin de diseñar algo

**Pares de bases:** Los pares que forman las bases de ADN entre sí: A siempre se empareja con T y C siempre se empareja con G.

**Pérdida de biodiversidad:** Una disminución en la variedad de los numerosos seres vivos diferentes que hay en la Tierra

**Perspectivas:** Las diferentes maneras en que pensamos sobre el mundo que nos rodea.

**Precipitado:** Cuando parte de una solución se convierte en un sólido

**Rasgos:** Características

**Razas:** Diferentes tipos dentro de una especie, por ejemplo, dos razas de perros



**Reproducción selectiva:** El proceso de reproducir dos seres vivos con rasgos deseables con la esperanza de que sus hijos tengan los mismos rasgos

**Silenciamiento génico:** Proceso en el que los científicos hacen que los genes no se expresen

**Social:** Relativo a la interacción de las personas en una comunidad

**Sostenible:** Un enfoque que equilibra diferentes perspectivas y que puede funcionar durante mucho tiempo

**Tecnología:** Materiales y métodos utilizados para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

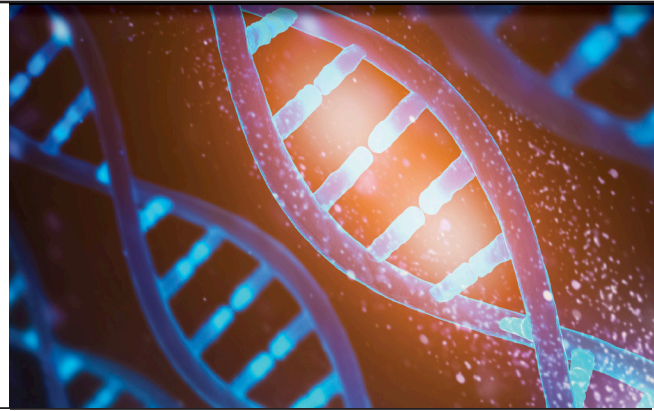
**Temáticas:** Ideas principales

**Variación:** Diferencias en los seres vivos

**Variantes:** Genes con una o más diferencias respecto del original



# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 2:

## Biotecnología y sistemas de alimentos

**SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

## Aviso de derechos de autor

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## Aviso de derechos de autor

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 2. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladores del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson, Logan Schmidt

Pasantes contribuyentes

Songhan Pang

Khadijah Thibodeaux

Mentores de investigación

Mwamy Mlangwa

Dr. Matin Qaim

Revisores técnicos

Dra. Moira J. Sheehan

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## Crédito de las imágenes

Portada: Charnchai/iStock/Getty Images Plus

Figura 2-1: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-2: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-3: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-4: chemicalbilly/E+/Getty Images Plus

Figura 2-5: ipopba/iStock/Getty Images Plus

Figura 2-6: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-7: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-8: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-9: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-10: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-11: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-12: georgeclerk/E+/Getty Images Plus

Figura 2-13: joakimbkk/iStock/Getty Images Plus

Figura 2-14: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-15: Logan Schmidt, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 2-16: SimonSkafar/E+/Getty Images Plus; JohnnyGreig/E+/Getty Images Plus

Figura 2-17: ribeirorocha/iStock/Getty Images Plus

Figura 2-18: tazytaz/E+/Getty Images Plus



## PARTE 2: BIOTECNOLOGÍA Y SISTEMAS DE ALIMENTOS

Planificador	47
<b>Tarea 1:</b> ¿Deberíamos utilizar la biotecnología para cambiar los alimentos que comemos?	49
<b>Descubrir:</b> ¿Cuáles son los desafíos de los sistemas de alimentos?	50
<b>Comprender:</b> ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a resolver los desafíos de los sistemas de alimentos?	54
<b>Actuar:</b> ¿Cómo se debería utilizar la biotecnología para crear un sistema de alimentos más sostenible?	59
<b>Tarea 2:</b> ¿Cómo puede ayudar la biotecnología a que los sistemas alimentarios contribuyan a un futuro más sostenible?	64
<b>Descubrir:</b> ¿Cuánto de la superficie de la Tierra se puede utilizar para producir alimentos?	66
<b>Comprender:</b> ¿Cómo pueden las nuevas técnicas permitir el cultivo de alimentos en nuevos lugares?	73
<b>Actuar:</b> ¿Cómo puedo ayudar a mi comunidad a producir alimentos de manera más sostenible?	81
Glosario	83
Notas finales	86

### **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.





## Planificador

Actividad	Descripción	Materiales y tecnología	Materiales adicionales	Tiempo aproximado	Número de página
<b>Tarea 1: ¿Deberíamos utilizar la biotecnología para cambiar los alimentos que comemos?</b>					
<b>Descubrir</b>	Analiza tu comida para investigar los sistemas de alimentos en tu comunidad y en todo el mundo. Luego, interpreta los datos globales sobre el hambre.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		40 minutos	50
<b>Comprender</b>	Investiga las modificaciones genéticas y, a continuación, trabaja en grupo para diseñar plantas genéticamente modificadas que aborden problemas comunes de seguridad alimentaria en todo el mundo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	Impresión de la figura 2-6 (opcional)	40 minutos	54
<b>Actuar</b>	Explora las esperanzas e inquietudes sobre el uso de los OGM para combatir la inseguridad alimentaria, luego, investiga la política de los OGM de tu país y lo que se puede hacer para apoyarla o cambiarla.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<u>Lista de preocupaciones éticas</u> (parte 1)	25 minutos	59



<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar para que los sistemas alimentarios contribuyan a un futuro más sostenible?</b>					
<b>Descubrir</b>	Modela la cantidad de tierras agrícolas en el mundo para identificar técnicas agrícolas perjudiciales y su impacto en tu comunidad local.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Tijeras</li> </ul>		25 minutos	66
<b>Comprender</b>	Descubre cómo la biotecnología ayuda a restaurar y crear tierras agrícolas en todo el mundo y en tu comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Ocho objetos pequeños</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Algunas investigaciones específicas podrían requerir artículos adicionales</li> </ul>		25 minutos + tiempo de investigación en la comunidad	73
<b>Actuar</b>	Comunica tus descubrimientos e ideas sobre técnicas agrícolas para tomar medidas sostenibles.			15 minutos + tiempo de acción	81



## Tarea 1: ¿Deberíamos utilizar la biotecnología para cambiar los alimentos que comemos?

Las personas necesitan alimentos. Pero, a veces, no tienen acceso a los alimentos que necesitan o desean. En esta tarea, primero **descubrirás** más acerca de la manera en que funcionan los sistemas de alimentos. Luego, investigarás diferentes situaciones para **comprender** la forma en que la **biotecnología** puede cambiar los sistemas de alimentos. Por último, utilizarás esta información para decidir cómo deseas **actuar** ahora y en el futuro.

### *Conoce a tu mentor de investigación*



Conoce al Dr. Martin Qaim. Martin es uno de los numerosos investigadores de todo el mundo que piensa en cómo crear un sistema de alimentos sostenible.

Martin es profesor de economía agrícola y director del Centro para la Investigación de Desarrollo en la Universidad de Bonn, Alemania. Tiene un doctorado en economía agrícola. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que Martin ahora trabaja contigo, es importante que lo conozcas.

Para eso, Martin completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Martin incluye lo siguiente:

- Hombre de 52 años
- Familia: “Estoy casado con una maravillosa esposa y tenemos dos encantadoras hijas (de 17 y 15 años)”.
- Alto: “Soy un hombre muy alto (normalmente soy la persona más alta en el lugar en que me encuentre) y tengo cabello negro (que ahora se está volviendo gris)”.
- Nació en Alemania y vive en Bonn. “Mi madre es alemana, pero mi padre originalmente era de Pakistán, así que crecí en una familia de cultura mixta”.
- “Voy en bicicleta a la oficina todos los días, en un agradable recorrido de 7 km a lo largo del río Rin”.
- Investigador: “Estoy analizando cómo se podría mejorar la situación de las personas pobres en el Sur Global. Gran parte de mi investigación se relaciona con los agricultores a pequeña escala en países de África y Asia”.

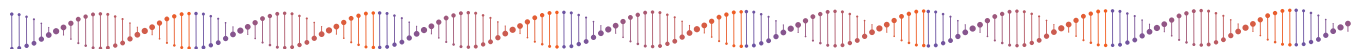


- Le gusta viajar y ha visto muchos países y lugares diferentes; le encanta conocer nuevos lugares y culturas
- Le gusta comer y cocinar alimentos nutritivos, si es posible, junto con familiares y amigos
- Adora la naturaleza y disfruta de practicar senderismo

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Matin.

- ¿Tienes algo en común con Matin?
- ¿En qué te diferencias de Matin?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Matin, además de sus títulos universitarios, que lo ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre los sistemas de alimentos sostenibles?

En esta tarea, notarás que Matin comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar, o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** *¿Cuáles son los desafíos de los sistemas de alimentos?*

La mayoría de las personas comen alimentos la mayoría de los días. Sin embargo, es posible que no sepas mucho sobre de dónde provienen tus alimentos o cómo llegan hasta ti. A veces, las personas no obtienen la comida que necesitan debido a problemas en el sistema de alimentos. En esta actividad, obtendrás más información sobre el sistema de alimentos y cómo funciona.

1. Toma un papel y un lápiz para escribir o dibujar.
2. En la parte superior del papel, dibuja una imagen de tu comida favorita o la más reciente, o escribe una descripción si lo prefieres.
  - a. Incluye todas las partes de la comida que puedas recordar, por ejemplo, el postre. No te preocupes si tu dibujo no es perfecto; este papel es solo para ayudarte a pensar.
3. Dibuja una flecha debajo y que apunte hacia tu comida.
4. Ahora, piensa en el lugar de procedencia de tu comida. Por ejemplo, ¿se compró en una tienda, en un mercado o en un restaurante? ¿La recogiste o cultivaste por tu cuenta? Dibuja o escribe lo que sabes acerca del origen de tu comida. Si la comida provenía de más de un lugar, dibuja o escribe todos los lugares que puedas recordar.



5. Dibuja una flecha debajo de lo que acabas de dibujar o escribir y que también apunte a esto.
6. Ahora piensa de dónde venían los alimentos antes de eso. Por ejemplo, ¿un agricultor lo cosechó y lo llevó a un mercado, lo produjo una fábrica y lo envió a una tienda, lo compró un proveedor y lo envió a un restaurante? Dibuja o escribe lo que sabes. Es muy posible que no sepas con certeza, y está bien. Si no estás seguro, solo haz un signo de interrogación.
7. Sigue usando las flechas y llenando la página hasta que no sepas más información o hasta llegar al lugar donde se cultivó o crío la comida. En la figura 2-1, se muestra un ejemplo de una hoja como esta.

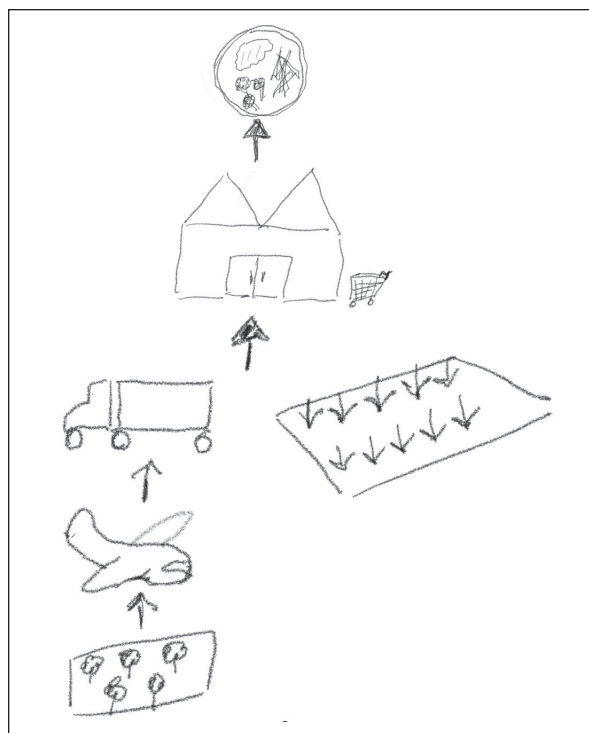


Figura 2-1: Ejemplo de un dibujo del sistema de alimentos.

8. Examina tu papel. Representa lo que sabes sobre tu sistema de alimentos. ¿De qué manera el papel de otra persona podría ser diferente? ¿Qué pasaría si comiera cosas diferentes o si viviera en otro lugar?
9. En cada paso, piensa en cualquier problema que pueda surgir y utiliza palabras o dibujos junto a cada flecha para mostrar cuáles podrían ser esos problemas. Por ejemplo:
  - a. Puede ser que la comida que comiste se haya comprado en una tienda. Si no tuvieras mucho dinero o el precio de los alimentos se volviera muy costoso, ¿podrías comprarla?
  - b. Tal vez haya un problema con el transporte de los alimentos de un lugar a otro.
  - c. Puede ser que haya problemas para cultivar o almacenar los alimentos.



10. Haz una pausa y piensa para ti: ¿Has experimentado problemas con el sistema de alimentos? Considera lo siguiente:
- ¿Alguna vez has tenido problemas para costear tus alimentos? Por ejemplo, a veces, los alimentos pueden ser más costosos, lo que se denomina **inflación**.
  - ¿Te ha pasado que un alimento que buscas no está disponible? Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19, muchas tiendas, a veces, tenían estantes vacíos.
  - ¿Alguna vez has notado o escuchado que los agricultores tienen problemas con el clima o con plagas cuando cultivan alimentos?

 **Consejo de seguridad emocional**

Puede ser difícil pensar en las veces en que no recibiste los alimentos que necesitabas. Está bien sentir tristeza o enojo. Tu experiencia con el sistema de alimentos no es tu culpa, pero puedes formar parte del trabajo para mejorarlo.

11. Analiza con tu equipo: ¿Cuáles crees que son los mayores desafíos para el sistema de alimentos? Lee lo que dice Matin para que te ayude a considerar nuevas ideas.

**Matin dice lo siguiente: . . .**



El objetivo del sistema de alimentos es nutrir a todas las personas de una manera saludable. Eso no solo significa producir suficientes calorías, sino que también significa tener suficiente de todos los nutrientes necesarios para una vida saludable. Obviamente, la producción de alimentos desempeña un papel importante, en especial con las **limitaciones** de tierra, agua y energía en nuestro planeta. Pero también hay preguntas sobre la distribución. ¿Dónde se producen las cosas? ¿Quién las está produciendo? ¿Quién tiene acceso? ¿Cómo limitamos la pérdida de alimentos y los desperdicios? ¿Qué estamos comiendo y cómo afecta esto al planeta?

12. Con tu equipo, examinen las figuras 2-2 y 2-3. Muestran información sobre **la inseguridad alimentaria** mundial. La inseguridad alimentaria es cuando una persona no tiene acceso confiable a alimentos asequibles y nutritivos.



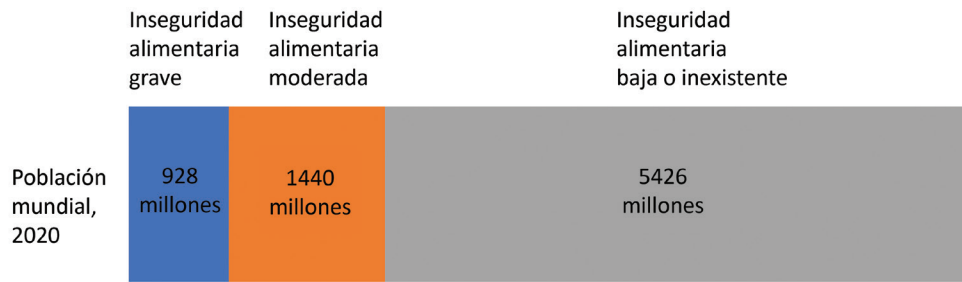


Figura 2-2: Inseguridad alimentaria global, 2020<sup>1</sup>.

### Impulsores de crisis e inseguridad alimentaria grave, 2021

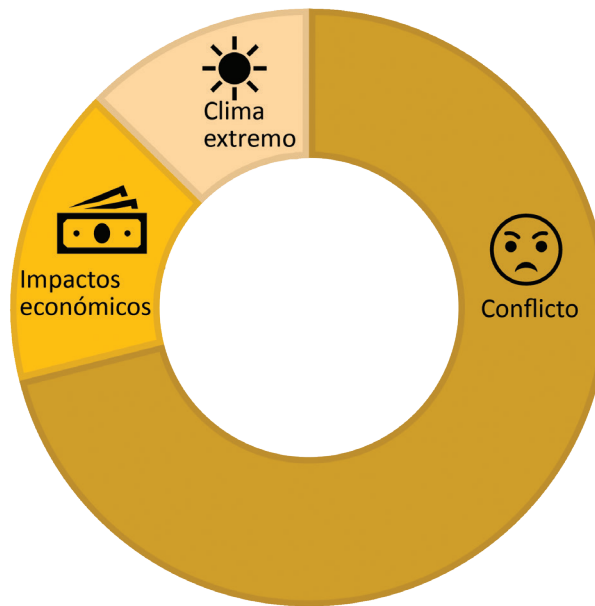


Figura 2-3: Impulsores de inseguridad y crisis alimentarias graves, 2021<sup>2</sup>.

13. En un papel o en la pizarra, dibuja tres columnas y etiquétalas “Veó”, “Pienso” y “Pregunto”.
14. Completa las columnas con tu equipo.
  - a. En la columna *Veó*, escriban todo lo que observan sobre los gráficos. ¿Qué muestran?
  - b. En la columna *Pienso*, escriban todo lo que piensan acerca de las causas de los problemas que vieron en los gráficos.
  - c. En la columna *Pregunto*, escriban todo lo que se pregunten sobre los gráficos, especialmente sobre qué haría que los gráficos tuvieran información diferente.

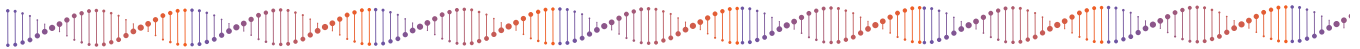


15. Considera lo que escribieron en las columnas y lee las ideas de Matin. Analiza con tu equipo:
- ¿Cuáles son tus esperanzas de cómo la información en estos gráficos podría mejorar en el futuro?
  - ¿Cuáles son tus preocupaciones acerca de cómo la información en estos gráficos podría empeorar? Asegúrate de considerar cómo el cultivo de alimentos podría verse afectado por el clima cambiante, que puede causar graves acontecimientos climáticos, como olas de calor, sequías, inundaciones y huracanes.

### Matin dice lo siguiente: . . .



Hoy en día, muchas personas viven en la pobreza y la desnutrición. Y las poblaciones están creciendo. Según las estimaciones, tendremos que ser capaces de nutrir a 10 000 millones de personas en el futuro. Y al mismo tiempo, el cambio climático es un desafío importante para el sistema de alimentos. Los desafíos son tan grandes que necesitamos todas las herramientas que pueden ayudar. No podemos darnos el lujo de elegir algunas. Realmente necesitamos reunir la tecnología y muchas otras cosas para ayudar a crear un sistema alimentario **sostenible**.



### **Comprender:** ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a resolver los desafíos de los sistemas de alimentos?

Comemos muchos tipos de alimentos, pero uno de los tipos más importantes son las plantas. Las plantas que se cultivan como comida en todo el mundo han cambiado con el tiempo. Los agricultores y científicos han estado trabajando con el objetivo de que las plantas sean mejores para las personas durante miles de años.

- Trabaja con un compañero para responder las siguientes preguntas, si es que pueden.
  - ¿Cómo crees que las personas han modificado las plantas con el tiempo? Recuerda lo que aprendiste en la parte 1.
  - Piensa en las herramientas de biotecnología con las que estás familiarizado. ¿Cuáles crees que podrían utilizarse para cambiar el **ADN** de una planta?
- Lee la *Descripción general de la biotecnología agrícola* y debate lo que aprendiste con tu compañero.





## Descripción general de la biotecnología agrícola

Existen varias maneras de utilizar técnicas de biotecnología para **modificar** o cambiar las plantas y su ADN.

Durante muchos años, los agricultores e investigadores han utilizado la **reproducción selectiva** para desarrollar cultivos que son más fáciles de cultivar y cosechar, más sabrosos o que duran más tiempo después de ser cosechados. A menudo, cruzan dos plantas para tratar de obtener **rasgos** específicos en sus **crías** que existen en una o ambas plantas padres. Esto se conoce como un **cruce**.

También hay formas de utilizar técnicas de ingeniería genética para modificar las plantas. La modificación genética en las plantas, a menudo, tiene objetivos similares a los de la reproducción selectiva, por ejemplo, hacer que la planta sea más resistente a plagas, más nutritiva o que tenga una mejor capacidad para soportar condiciones difíciles, como una sequía.



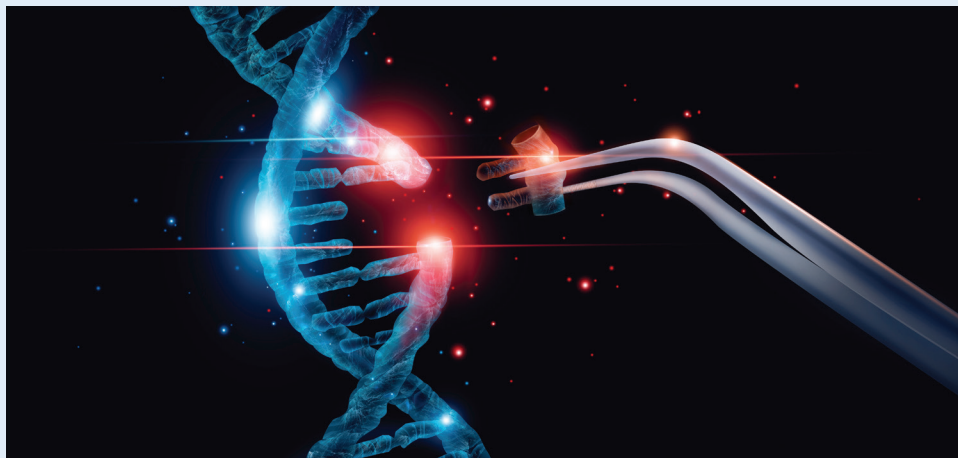
Figura 2-4: Un ingeniero genético trabajando.

Una técnica de modificación genética implica el uso de un **transgén**, que es un **gen** de otra especie. Los ingenieros genéticos pueden elegir un gen de una especie diferente e insertarlo en el ADN de una planta. Este proceso se denomina **inserción de genes**.

Una inserción transgénica a menudo mejora los cultivos mucho más rápido de lo que sería posible por medio de los cruces. Los seres vivos que se modificaron con transgenes se denominan **OGM**, u organismos genéticamente modificados. Se han desarrollado y utilizado OGM durante los últimos 30 años.



Más recientemente, los científicos han comenzado a utilizar técnicas de **edición genética**, como **CRISPR**, para realizar cambios específicos en el ADN sin tener que utilizar un gen de otro ser vivo. Por ejemplo, las técnicas de edición de genes hacen pequeñas modificaciones al ADN para “desactivar” un gen y evitar que se exprese. O la edición genética puede modificar un gen específico dentro del ADN y así crear nuevos rasgos que los criadores de plantas pueden utilizar. La edición genética es una herramienta más precisa y se puede utilizar de muchas maneras para realizar pequeños ajustes en el ADN de una planta.



*Figura 2-5: Representación de pequeños cambios en el ADN, tales como aquellos que se pueden realizar mediante CRISPR.*

3. Ahora, tú y tu compañero se convertirán en ingenieros genéticos. Lee la guía de *Ingeniería genética* cuidadosamente. Trabajarán juntos para decidir cómo modificar las plantas en cada situación.
4. Después de leer la guía, revisen cada tarjeta de Modificación genética y decidan si deberían usar la inserción genética, la edición de genes o el cruce en cada situación. A continuación, indiquen qué gen tratarían de agregar o cambiar.



### Guía de ingeniería genética

**Objetivos:**

1. Considera cada planta y ubicación.
2. Decide el rasgo que se debe modificar.
3. Selecciona un tipo de herramienta para modificar el rasgo.
4. Elige lo que te gustaría agregar o cambiar.

**Kit de herramientas:**

- **Inserción de genes:** Te permite darles a tus plantas rasgos de otros organismos
- **Edición de genes:** Te permite cambiar los rasgos actuales en tu planta
- **Cruce:** Te permite darles a tus plantas rasgos de otros miembros de su especie mediante la reproducción de esos miembros

**Problemas que las modificaciones podrían abordar:**

Sequía, nutrición, espacio, desperdicio de alimentos, plagas y otros

©Smithsonian Institution

### Tarjeta de modificación genética Algodón

**Situación:**

Las plantas de algodón de Sebastián son constantemente devoradas por una especie invasiva. Su familia cultiva algodón en su granja en México, pero últimamente, la mayoría de sus cultivos han sido devorados por orugas. ¿Cómo se puede modificar el algodón de Sebastián para que resista estos insectos?

**Genes en otros organismos:**

- Gen CRY3Bb:** Gen en bacterias del suelo que producen una sustancia química tóxica para los insectos
- Gen PYR:** Gen en bacterias que las ayuda a producir un nutriente esencial
- Gen CP4 EPSPS:** Gen en bacterias del suelo que las hace resistentes a herbicidas (sustancias químicas que matan malezas)

**Elección del kit de herramientas (marca una opción):**

- Inserción de genes     Edición genética     Cruces

**¿Qué gen agregarías o cambiarías?** \_\_\_\_\_

©Smithsonian Institution

### Tarjeta de modificación genética Arroz

**Situación:**

Ángel es un productor de arroz en las Filipinas. A nivel mundial, cada año, la falta de acceso a alimentos nutritivos y, especialmente, vitaminas esenciales, mata a muchos niños, incluido en las Filipinas. ¿Cómo se puede modificar el arroz de la familia de Ángel para que sea más nutritivo?

**Genes en otros organismos:**

- Gen psy:** Gen en el maíz que ayuda a crear vitamina A.
- Gen SIGLK2:** Gen de los tomates que controla la cantidad de azúcar y el sabor
- Gen crtI:** Gen en las bacterias del suelo que ayuda a crear vitamina A.

**Elección del kit de herramientas (marca una opción):**

- Inserción de genes     Edición genética     Cruces

**¿Qué gen agregarías o cambiarías?** \_\_\_\_\_

©Smithsonian Institution

### Tarjeta de modificación genética Tomates

**Situación:**

Carla vive en una ciudad de Chile, donde el único espacio que tiene disponible para cultivar comida es puertas adentro. Carla quiere cultivar tomates, pero sus enredaderas largas y la necesidad de luz hacen que sea difícil cultivar suficientes tomates en interiores para alimentar a una familia. ¿Cómo se pueden modificar los tomates de Carla para la vida urbana?

**Genes en otros organismos:**

- Gen SIER:** Controla si una planta de tomate crecerá hasta ser alta
- Gen SP5G:** Controla cuándo una planta de tomate florecerá o dará frutos
- Gen SGR1:** Controla qué tan rojo será un tomate

**Elección del kit de herramientas (marca una opción):**

- Inserción de genes     Edición genética     Cruces

**¿Qué gen agregarías o cambiarías?** \_\_\_\_\_

©Smithsonian Institution

Figura 2-6: Guía de ingeniería genética y tarjetas de modificación genética. (continuación)



### Tarjeta de modificación genética Manzanas

**Situación:**

Jaylan es un granjero de manzana en Estados Unidos. Quiere asegurarse de que sus manzanas se coman y no se desperdicien. Las manzanas cortadas se tornan de color marrón después de exponerse al aire. A menudo, las personas desechan las manzanas marrones, aunque todavía se puedan comer. ¿Cómo se pueden modificar las manzanas de Jaylan para que sea menos probable que las personas las desechen?

**Genes en otros organismos:**

**Gen PPO:** Produce una enzima que hace que las manzanas se tornen de color marrón

**Gen CLV1:** Controla qué tan bien responden las manzanas a las plagas

**Gen GA3OX1:** Controla el tamaño hasta el que crecerá un árbol de manzanas

**Elección del kit de herramientas (marca una opción):**

Inserción de genes     Edición genética     Cruces

**¿Qué gen agregarías o cambiarías?**

©Smithsonian Institution

### Tarjeta de modificación genética Maíz (elote)

**Situación:**

Grace cultiva maíz en Kenia. Kenia tiene una sequía grave. El maíz no crece bien sin agua y ha dejado a muchas familias sin suficiente comida. ¿Cómo se puede modificar el cultivo de maíz de Grace para que crezca mejor en el clima actual de Kenia?

**Parientes silvestres del maíz:**

**Pariente tipo silvestre A:** Naturalmente sensible a la sequía, crece poco cuando no hay agua

**Pariente tipo silvestre B:** Naturalmente hace que crezca maíz que tiene un alto contenido de azúcar y tiene un sabor dulce

**Pariente tipo silvestre C:** Naturalmente resistente a la sequía, crece bien incluso cuando el agua es escasa

**Elección del kit de herramientas (marca una opción):**

Inserción de genes     Edición genética     Cruces

**¿Qué gen agregarías o cambiarías?**

©Smithsonian Institution

Figura 2-6: (continuación)

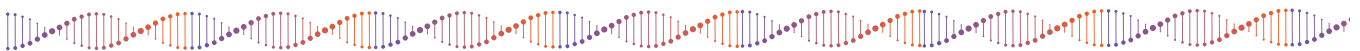
5. Júntense en equipo. Las situaciones que acaban de examinar provienen de todo el mundo. Pero puede que tu comunidad local también tenga desafíos. Analicen:
  - a. ¿Hay **especies invasivas**, climas extremos u otras situaciones que dificultan el cultivo de alimentos en tu comunidad?
  - b. ¿Existen desafíos para cultivar alimentos en tu comunidad debido al clima cambiante?
  - c. ¿Hay otros problemas en tu comunidad, como una mala nutrición o falta de espacio para cultivar plantas, que se podrían resolver con ayuda de la modificación de las plantas?
6. En equipo, tomen una decisión sobre el siguiente tema: Si tuvieran que elegir un problema en su comunidad para resolver por medio de la modificación genética de las plantas, ¿cuál sería ese problema?
7. Ahora, piensa en cómo se debe modificar una planta para ayudar a resolver ese problema.
  - a. Puedes elegir una modificación como las que aparecen en las tarjetas de Ingeniería genética.
  - b. O bien, puedes pensar en una nueva modificación que consideres importante. Lee lo que dice Matin para obtener más información sobre algunas de las maneras en que se puede utilizar la ingeniería genética en las plantas.



**Matin dice lo siguiente: . . .**

La resistencia a enfermedades y plagas es un área increíblemente importante para la ingeniería genética. En este momento, incluso con el uso de pesticidas, alrededor del 30 % al 40 % de las cosechas potenciales nunca se logran debido a las pérdidas por plagas y enfermedades. Por lo tanto, si pudiéramos desarrollar cultivos más resistentes, podríamos no solo reducir el uso de pesticidas, sino también aumentar las cosechas y los niveles de producción de muchos cultivos.

Pensando en el cambio climático, las posibles modificaciones no solo se deben al calor, la sequía o las inundaciones, aunque podríamos modificar las plantas para que toleren todas esas cosas. El cambio climático también trae nuevos tipos de plagas a nuevos lugares. Gracias a la edición de genes, puedes desarrollar nuevos mecanismos con relativa rapidez para que resistan las nuevas plagas. Además, podemos diseñar cultivos que sean muy eficientes en el uso de nutrientes del suelo, como el nitrógeno. Esto puede significar que incluso con nitrógeno limitado en el suelo o fertilizante limitado, puedes obtener mayores cosechas. También puedes trabajar en la estructura de la raíz, para que haya más carbono **fijado** en las raíces y en el suelo, y este carbono pueda permanecer en el suelo incluso después de la cosecha. Esto es muy positivo desde la perspectiva de la **mitigación** del cambio climático. Hay muchos objetivos interesantes en los que los criadores pueden trabajar.

**Actuar:** *¿Cómo se debería utilizar la biotecnología para crear un sistema de alimentos más sostenible?*

Existen muchos desafíos para nuestros sistemas de alimentos. Personas de todo el mundo tienen hambre a diario debido a problemas políticos, financieros y ambientales. Es emocionante pensar en la creación de plantas que podrían ayudar a alimentar al mundo con alimentos asequibles y nutritivos, y que puedan resistir los desafíos ambientales, como la sequía, el suelo salado o las plagas invasivas. Pero hay preocupaciones. En algunos países, los OGM están generalizados. En otros países, los OGM están prohibidos de forma parcial o total. En algunos países, la edición de genes en las plantas se está convirtiendo en una técnica común. En otros países, la edición genética de las plantas está muy controlada. ¿Por qué es tan controversial utilizar nuevas biotecnologías para cambiar las plantas y cómo te sientes tú al respecto?



1. Toma un papel y divídelo en dos secciones. Denomina una “Esperanzas” y la otra, “Preocupaciones”.
2. En *Esperanzas*, enumera las posibilidades positivas que se te ocurren en relación con el uso de la ingeniería genética de las plantas para un futuro mejor. ¿Cómo podrían los OGM o las plantas con genes editados ayudar a resolver los problemas del sistema de alimentos? Por ejemplo:
  - a. ¿Las plantas genéticamente modificadas podrían ayudar a crear más alimentos usando menos espacio y permitir que haya menos desechos de alimentos?
  - b. ¿Las plantas genéticamente modificadas podrían ayudar a las personas a adaptarse a un clima cambiante?
  - c. ¿Las plantas genéticamente modificadas podrían ayudar a crear una variedad más amplia de cultivos?
  - d. ¿Podrían las plantas diseñadas genéticamente ayudar a proteger los **ecosistemas** y así limitar la necesidad de nuevos campos u otras áreas dedicadas a la agricultura? (Un ecosistema es una comunidad de seres vivos y cosas no vivientes).
  - e. Si necesitas ayuda, piensa en las plantas modificadas sobre las que aprendiste en la actividad Comprender para comenzar.
3. Toma tu *Lista de preocupaciones éticas* de la parte 1. Examínala detenidamente con tu equipo. ¿Cuáles de las preocupaciones éticas crees que son relevantes para la conversación sobre plantas genéticamente modificadas? Enuméralas en la columna de *Preocupaciones*
4. En equipo, analicen las siguientes temáticas éticas relacionadas con los OGM o plantas con genes editados. Si tu equipo cree que un problema es importante, enuméralo en la lista de *Preocupaciones*.
  - a. Seguridad: ¿Qué sucede si comer plantas genéticamente modificadas causa enfermedades o reacciones alérgicas?
  - b. Ecosistemas desequilibrados: Existe la posibilidad de que las plantas genéticamente modificadas interactúen con los sistemas naturales de formas inesperadas. Por ejemplo, ¿qué ocurre si los OGM resistentes a plagas solo fomentan el desarrollo de plagas que puedan superar la resistencia a las plagas?
  - c. Persistencia: Los OGM introducen elementos en entornos naturales que no se produjeron naturalmente. ¿La modificación se esparcirá a otras especies o permanecerá en la naturaleza incluso después de que los agricultores hayan dejado de utilizar los cultivos de OGM?



- d. Acceso: Los OGM a menudo son creados por empresas. Estas empresas suelen hacer que los agricultores compren semillas de OGM cada año; no pueden usar semillas de la cosecha del año anterior. A veces, las plantas de OGM solo funcionan si también compras el pesticida de la empresa. Esto puede ser muy costoso.
  - e. Toma de decisiones: ¿Qué sucede si un agricultor no quiere tener plantas modificadas genéticamente, pero el agricultor vecino sí quiere? Muchas plantas modificadas genéticamente pueden propagarse y terminar en una granja donde nunca se plantaron. ¿Quién debe decidir quién puede sembrar plantas genéticamente modificadas y dónde?
5. Lee las opiniones de Matin acerca de la salud y la seguridad de las plantas modificadas genéticamente. ¿Sus ideas te hicieron cambiar de opinión sobre alguna de tus preocupaciones?

**Matin dice lo siguiente: . . .**



A algunas personas les preocupa que la biotecnología es riesgosa para la salud humana, para el medioambiente, o ambas. Sin embargo, desde mi perspectiva, ahora tenemos 30 años de evidencia científica de que las técnicas biotecnológicas, como los OGM o la edición de genes, no son inherentemente riesgosas. Al igual que la técnica de cruzar no es inherentemente riesgosa. Todas estas técnicas podrían

crear productos que podrían ser riesgosos. Por ejemplo, puede ser que una nueva variedad de cultivos tenga un rasgo que genere un riesgo ambiental o de salud. Debemos evaluarlo. Pero deberíamos evaluar todas las variedades nuevas, independientemente de las técnicas que se utilizaron para desarrollarlas.

Existen otras preocupaciones relacionadas con la edición de genes y los OGM, como las cuestiones éticas, que se deben considerar por separado. Por ejemplo, ¿quién es el propietario de la tecnología y cuánto cobra por utilizarla? ¿Es propiedad solo de grandes corporaciones? ¿Cómo podría conducir a situaciones en las que algunas personas podrían no tener acceso? ¿Las nuevas tecnologías solo se aplican a cultivos comerciales grandes, como soja, maíz y algodón? ¿Qué ocurre con otros cultivos que podrían ser más útiles en diferentes lugares? Si solo modificamos algunos cultivos, ¿cómo afecta esto a la variedad general de cultivos que siembran las personas? Todas estas son preocupaciones válidas.

6. Piensa para ti en cómo equilibrar las esperanzas y preocupaciones acerca de la ingeniería genética en las plantas.



- a. No utilizar la ingeniería genética podría aumentar el riesgo de no producir la cantidad y el tipo de alimentos necesarios. El uso de ingeniería genética presenta otros riesgos. ¿Cuál crees que debería ser el equilibrio?
  - b. ¿Crees que hay una manera de permitir que las plantas genéticamente modificadas ayuden a resolver los problemas del sistema de alimentos?
  - c. Si es así, ¿hay reglas que puedan ayudar a abordar las preocupaciones?
7. Escribe cuáles crees que deberían ser las reglas en tu país sobre la creación y el uso de plantas genéticamente modificadas. Asegúrate de considerar lo siguiente:
- a. Cuándo se deberían permitir plantas genéticamente modificadas: ¿Nunca? ¿Siempre? ¿En ciertas ocasiones?
  - b. ¿Las reglas para los OGM y las plantas genéticamente modificadas deberían ser las mismas?
  - c. ¿Qué tipos de medidas de seguridad deberían existir para los OGM o las plantas genéticamente modificadas? ¿Qué tipos de pruebas se necesitarían para garantizar que el medioambiente y las personas estén seguros?
  - d. Cuando compres algo, ¿la etiqueta debería informar si contiene OGM o plantas genéticamente modificadas?
  - e. ¿Se debe permitir a las empresas prohibirles a las personas el uso de semillas de plantas genéticamente modificadas que hayan recogido en sus campos?
  - f. Lee las ideas de Matin para que te ayuden.

**Matin dice lo siguiente: . . .**



La biotecnología agrícola es una tecnología transformadora. Al igual que todas las tecnologías transformadoras, debemos pensar en tener una regulación adecuada, que garantice que haya competencia y que haya acceso. Las tecnologías transformadoras tienen el poder de agravar ciertos desequilibrios de poder existentes.

8. Comparte tus ideas con tus compañeros de equipo. ¿Otras personas tienen ideas diferentes? Escúchense atentamente entre ustedes mientras explican sus perspectivas. ¿Hay ideas con las que estén de acuerdo? Tomen nota de esas ideas. ¿Pueden llegar a un acuerdo si tienen diferencias de pensamiento respecto de ciertas ideas? Intenten crear un **consenso** de equipo (una decisión equilibrada que sea beneficiosa para todos) sobre cuáles creen que deberían ser las reglas para las plantas en su país.





 **Consejo de seguridad emocional**

No hay respuestas incorrectas ni correctas. Diferentes personas pueden tener diferentes perspectivas. Considerar diferentes perspectivas ayuda al grupo a pensar mejor. Puede sentirse difícil no estar de acuerdo con alguien o que alguien no esté de acuerdo contigo. Recuerda, no estás de acuerdo con las ideas, no con las personas. Por ejemplo, podrías decir: "No estoy de acuerdo con esa idea porque..." . ."

9. Obtén más información acerca de cuáles son las reglas para tu país. Puedes utilizar un sitio web del Gobierno, una biblioteca u otros recursos del *StoryMap de ¡Biotecnología!*
10. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Están de acuerdo con las reglas de su país?
  - b. Si no es así, ¿qué cosa les gustaría cambiar?
11. Con tu equipo, dibuja un círculo y etiquétalo como "Personal". En el círculo, escribe o dibuja cosas que puedes hacer en tu propia vida para promover las reglas que deseas ver sobre plantas genéticamente modificadas, por ejemplo, comprar o no comprar alimentos hechos con plantas genéticamente modificadas.
12. A continuación, dibuja un círculo más grande alrededor del primer círculo. Etiqueta este círculo como "Comunidad". En el círculo, escribe o dibuja cosas que podrías hacer en tu comunidad para promover las reglas que deseas, por ejemplo, contarles a otros tu opinión o educarlos sobre la ingeniería genética en las plantas.
13. A continuación, dibuja un círculo incluso más grande alrededor de los otros círculos. Etiqueta este círculo como "País". En el círculo, escribe o dibuja cosas que podrías hacer en tu país para promover las reglas que deseas. Por ejemplo, ¿existe una manera de compartir tu opinión con las personas del Gobierno que crean las reglas?
14. Finalmente, dibuja un círculo incluso más grande alrededor de los otros. Etiqueta este círculo como "Mundo". En el círculo, escribe o dibuja cosas que podrías hacer a nivel mundial para promover las reglas que deseas sobre la ingeniería genética de las plantas. Por ejemplo, ¿podrías unirte a una organización con otras personas de todo el mundo que tienen objetivos similares?
15. Elige una cosa que deseas hacer y crea un plan para hacerlo.
  - a. ¿Cómo comenzarás?
  - b. ¿Qué pasos debes seguir?
  - c. ¿Cómo los llevarás a cabo?
16. ¡Pon tus ideas en acción!



## Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar para que los sistemas alimentarios contribuyan a un futuro más sostenible?

Las personas de todo el mundo comen una amplia variedad de alimentos. Cada región del mundo tiene sus propios platos especiales, sus bebidas favoritas y tradiciones basadas en alimentos. Sin embargo, independientemente del tipo de comida que las personas coman, hay un elemento en común: La producción de alimentos requiere recursos, como espacio, agua, tierra y nutrientes. Un **nutriente** es algo que ayuda a que un ser vivo sobreviva y crezca.

Como ya has leído, existe una gran demanda de comida en todo el mundo. La agricultura ayuda a satisfacer esa demanda de alimentos. Pero, a veces, la forma en que las personas producen alimentos puede causar daños al medioambiente. La tierra, el agua y los nutrientes se pueden utilizar de formas no sostenibles. Por ejemplo, algunas granjas podrían utilizar grandes cantidades de **fertilizante**, que es un tipo de nutriente que ayuda a que las plantas crezcan. Pero, a veces, durante las lluvias, el agua puede mover el fertilizante fuera de los campos y contaminar ríos, arroyos y agua potable.

En esta tarea, **descubrirás** cómo se utiliza la superficie de la Tierra para producir alimentos. A continuación, utilizarás modelos de granjas, bosques y ciudades para **comprender** cómo las personas pueden usar la biotecnología para producir alimentos de una manera más sostenible. Por último, **actuarás** para modelar algunas de esas soluciones sostenibles y comunicarlas a tu comunidad.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a Mwamy Mlangwa. Mwamy (pronunciado MUA-mi) es una de los numerosos expertos de todo el mundo que piensan en cómo crear un sistema de alimentos sostenible.

Mwamy es la creadora y propietaria de Mwamy Green Veggies, la primera granja **hidropónica** en Tanzania. Su invernadero hidropónico en la azotea está ubicado en la ciudad de Dar es Salaam y produce lechuga y otras verduras. Mwamy tiene títulos en administración comercial y marketing, y trabajó en corporaciones antes de incursionar en la agricultura.

Mwamy también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Mwamy trabajará contigo, es importante que la conozcas.



Para eso, Mwamy completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Mwamy incluye lo siguiente:

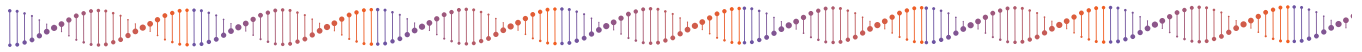
- 48 años
- Africana
- Femenino
- De Tanzania
- Tanzania e Israel son lugares importantes para ella
- “Había estado trabajando durante casi 18 años y decidí que era suficiente, necesitaba hacer algo para mí misma. En África, todos crecimos en pueblos con agricultura, pero siempre se trata de la agricultura local. Entonces, fui a Israel para estudiar, aprender y trabajar en granjas hidropónicas. Luego, vine a casa y decidí que eso era lo que iba a hacer”.
- Interesada en la política
- Le gusta jugar con sus perros, caminar, cultivar y hornear
- Alta, cabello negro, no usa anteojos
- Voz alta, divertida y amable
- Madre
- Parte del Grupo de mujeres en la agricultura moderna
- “Soy una persona que toma riesgos, no les temo a las caídas en el negocio o en la vida”.

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Mwamy.

- ¿Tienes algo en común con Mwamy?
- ¿En qué te diferencias de Mwamy?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Mwamy, además de sus títulos y capacitación, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre la creación de un sistema de alimentos sostenible?

En esta tarea, notarás que Mwamy comparte ideas y experiencias contigo. Puede ayudarte a entender mejor cómo pensar en la biotecnología y los alimentos, o compartir parte del trabajo que ha hecho.





**Descubrir:** ¿Cuánto de la superficie de la Tierra se puede utilizar para producir alimentos?

El cultivo de alimentos y la crianza de ganado utilizan los recursos de la Tierra. ¿Cuánto del planeta pueden usar realmente las personas para satisfacer sus necesidades alimentarias? En esta actividad, obtendrás más información sobre qué partes de la superficie de la Tierra se utilizan para producir alimentos.

1. Toma un papel en blanco.
2. Piensa en esta pregunta: ¿Cuánto de la superficie de la Tierra crees que se utiliza para producir alimentos?
3. Ahora, imagina que tu papel en blanco es toda la superficie de la Tierra. Corta una parte del papel o utiliza un bolígrafo o lápiz a fin de marcar el área que piensas que se utiliza para producir alimentos.
4. Conserva este papel. Lo necesitarás al final de esta actividad.
5. Toma otro papel en blanco.
6. Ahora podrás representar la cantidad de la superficie de la Tierra que se puede utilizar para producir alimentos.
7. Utiliza un bolígrafo o lápiz para dividir el papel en 10 partes iguales, como se muestra en la figura 2-7.

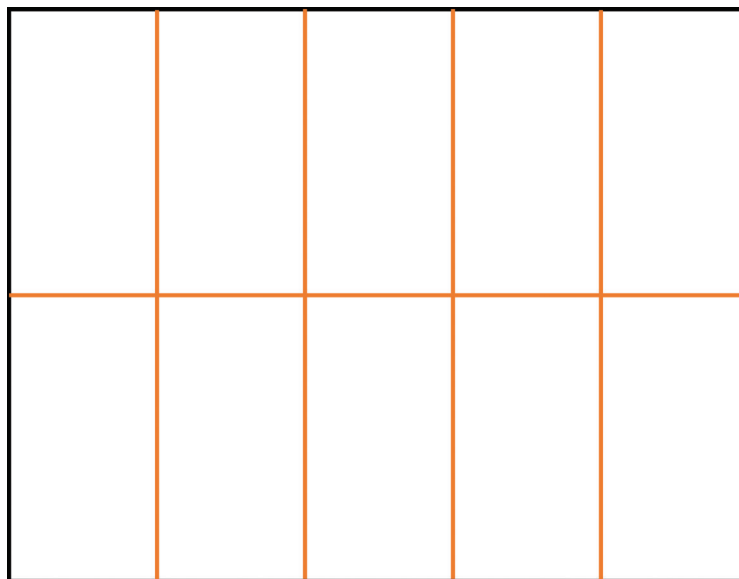


Figura 2-7: Se puede utilizar un modelo de papel para representar la superficie de la Tierra.

8. Marca o recorta siete de esas partes, como se muestra en la figura 2-8. Esas partes representan el 71 % de la superficie de la Tierra que están ocupadas por el océano.





Figura 2-8: Un modelo de papel de la superficie de la Tierra con el océano marcado.

- Deberías tener tres partes restantes. Estas partes representan la tierra firme. Utiliza un bolígrafo o lápiz para dividir el espacio restante en 10 partes iguales, como se muestra en la figura 2-9. Recomendamos usar un color diferente para que puedas ver las nuevas líneas con facilidad.

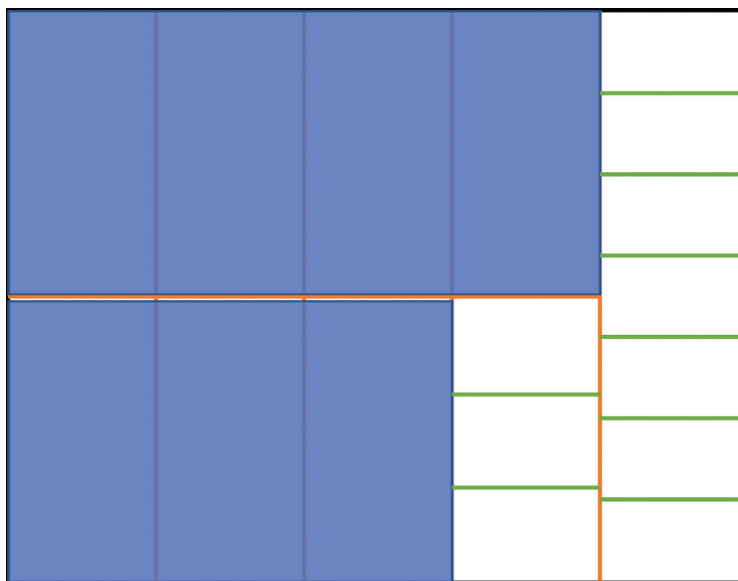


Figura 2-9: Un modelo de papel de la superficie de nuestro planeta con la tierra dividida en 10 partes.

- Marca o recorta tres de esas partes, como se muestra en la figura 2-10. Estas partes representan la tierra **infértil**, como glaciares, roca descubierta y dunas de arena. La tierra infértil es tierra que no posibilita el crecimiento de seres vivos con facilidad.



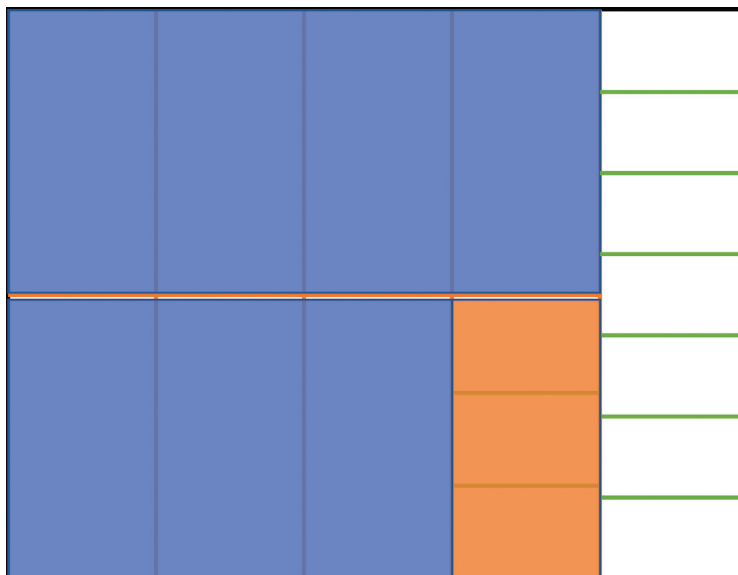


Figura 2-10: Un modelo de papel de la superficie de la Tierra con solo la superficie habitable restante.

11. Deberías tener siete partes restantes. Estas partes representan la superficie **habitable** de la Tierra, o la superficie que mejor apoya a los seres vivos.
12. Marca o recorta la mitad del espacio restante, como se muestra en la figura 2-11. Estas partes representan espacios naturales, como bosques, matorrales y lagos. También incluyen terrenos utilizados para otras necesidades humanas, como viviendas, autopistas y fábricas. Estos espacios normalmente no se utilizan para producir alimentos.

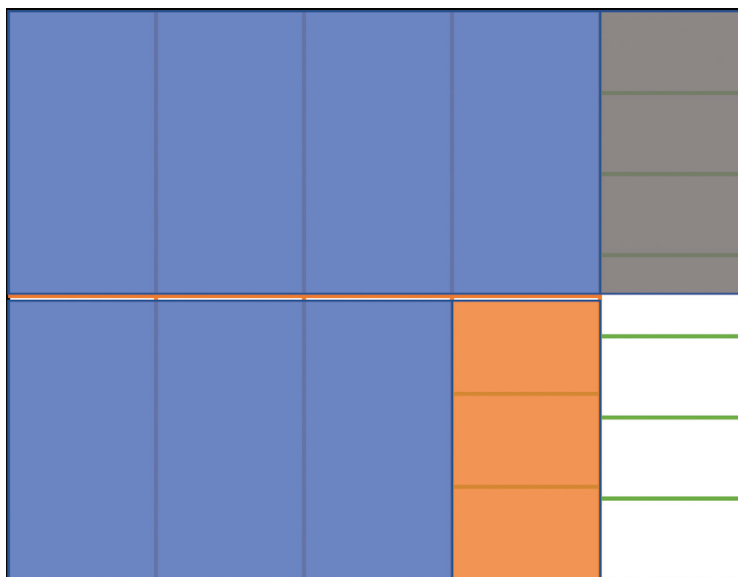


Figura 2-11: Un modelo de papel de la superficie de la Tierra en el que se muestra la parte que se utiliza para producir alimentos.



13. Deberías tener tres partes y media restantes. Esas partes representan la superficie de la Tierra que actualmente se utiliza para producir alimentos. Esto incluye el uso de tierra para cultivos, como maíz, soja y arroz, y también para ganado, como cerdos, vacas y pollos.
14. Coloca el papel del paso 3 y el papel del paso 13 uno al lado del otro.
15. Trabaja con un compañero para comparar los papeles y debatan sus respuestas a las siguientes preguntas.
  - a. ¿Cómo se compara tu suposición del paso 3 con la cantidad real de superficie de la Tierra que se utiliza para producir alimentos por medio de la agricultura?
  - b. ¿Te sorprende la cantidad de superficie de la Tierra que se utiliza para la agricultura? ¿Por qué?
  - c. Reducir los bosques y quitar las plantas silvestres es una manera de crear más tierra para la agricultura. ¿Cómo te sentirías sobre el uso de ese enfoque para ganar más espacio?
  - d. ¿Cuánta tierra crees que se utiliza para la agricultura en tu comunidad? ¿Cómo podrías averiguarlo?
16. Lee lo que dice Mwamy sobre su granja y cómo cultiva la comida en la ciudad de Dar es Salaam, que tiene un espacio limitado. ¿Cree que esto podría ser posible en tu comunidad?

### ***Mwamy dice lo siguiente: . . .***



Mi granja, Mwamy Green Veggies, es una granja hidropónica en una azotea de la ciudad. Una granja hidropónica es una forma de cultivar sin usar tierra. Las plantas crecen en agua y le entregamos nutrientes a cada planta colocándolos directamente en el agua.

La agricultura hidropónica no requiere un espacio grande. No todos pueden costear cinco acres de terreno. ¿Pero un espacio pequeño? Las personas lo tienen. En un espacio pequeño, incluso en un balcón, puedes usar hidroponía para producir verduras, como tomates, o hierbas, como albahaca o cilantro. Y obtienes un buen ingreso incluso si utilizas un espacio pequeño, porque el rendimiento de la cosecha es alto, la comida es de alta calidad y es segura. Para una ciudad, la hidroponía es un tipo de cultivo realmente ideal.



17. Lee *Los efectos de la agricultura* para obtener más información sobre los efectos de algunos tipos de agricultura, como el cultivo de plantas o la crianza de ganado, en la superficie. Deberás considerar estos efectos cuando aprendes cómo se puede utilizar la biotecnología en la agricultura.

### *Los efectos de la agricultura*

La agricultura es la forma en que las personas han producido la mayoría de sus alimentos durante miles de años. Recientemente, la agricultura se ha vuelto más **eficiente**, lo que significa que podemos producir más alimentos más rápido en el espacio que tenemos. Producir grandes cantidades de alimentos de forma rápida y económica, a veces, se denomina **agricultura industrial**. Pero esa eficiencia puede tener un costo.

#### **Agua**

Las plantas y el ganado necesitan agua para crecer. Las granjas industriales pueden utilizar agua de ríos, lagos o subterránea para ayudar a regar los cultivos. Esto es útil, porque los agricultores pueden asegurarse de que sus plantas siempre tengan agua, incluso en una sequía. Pero usar agua de esta manera también puede crear algunos problemas. Extraer agua de los ríos y lagos puede eliminar el **hábitat** importante de plantas, animales, hongos y bacterias que vivían allí o dependían de esa agua.



Figura 2-12: Esta máquina rocía agua en un campo. Observa el paisaje seco detrás del campo.





## Nutrientes

Las plantas necesitan nutrientes para crecer. Algunos agricultores industriales utilizan fertilizantes químicos para entregarles nutrientes a las plantas. Sin embargo, cuando el agua pasa por el campo, por ejemplo, durante una tormenta o una inundación, puede arrastrar parte de esos fertilizantes químicos. Una alta concentración de fertilizante puede actuar como veneno y perjudicar la tierra y el agua donde termina, así como a los seres vivos cercanos.

## Espacio

Las plantas y el ganado necesitan un lugar para crecer. A veces, los agricultores industriales despejan un bosque, un humedal, un prado o una turbera con el objetivo de crear más espacio para los campos o las tierras de pastoreo. Cuando un bosque se convierte en tierra agrícola, las plantas, los animales, los hongos y las bacterias que alguna vez vivían allí ya no pueden usarlo como su hábitat. La **biodiversidad** de esa área disminuye. La biodiversidad es una medición de la cantidad de seres vivos distintos que hay en un área.



*Figura 2-13: El área oscura de esta fotografía es donde el bosque se quemó a fin de crear más espacio para una plantación de aceite de palma (las plantas verdes).*

## Carbono

Alterar el suelo y cortar árboles también puede reducir la capacidad de la tierra para almacenar carbono. El suelo y los árboles pueden capturar y almacenar el carbono de la atmósfera. Esto puede ayudar a reducir los efectos del cambio climático. La liberación de este carbono puede contribuir al cambio climático.



## Agricultura sostenible

No toda la agricultura perjudica la tierra. Los agricultores e investigadores están buscando activamente nuevas ideas para cultivar más alimentos sin dañar el medioambiente. A veces, las mejores ideas son ideas antiguas. Muchos agricultores e investigadores están comenzando a prestar atención a las prácticas agrícolas tradicionales, que han sido más sostenibles que la agricultura industrial.

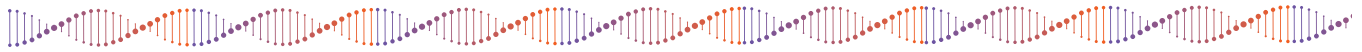
18. Primero piensa para ti y, luego, debate con un compañero:
  - a. ¿Alguna parte de esta información te genera preocupación?
  - b. Piensa en los posibles efectos de la agricultura. ¿Cuál sientes que es más importante solucionar o mejorar? ¿Por qué?
  - c. Has aprendido que la Tierra tiene espacio limitado para producir alimentos. ¿Se te ocurre alguna forma de aumentar el espacio para la agricultura sin tener que despejar la tierra?
19. Lee las ideas de Mwamy sobre cómo el uso de la biotecnología la ayuda a reducir algunos de los efectos de la agricultura sobre el medioambiente. ¿Cuál de estos efectos te parece más importante y por qué?

### *Mwamy dice lo siguiente: . . .*



La hidroponía es sostenible. La cantidad de agua que utilizamos es mínima, porque el agua gira o se desplaza una y otra vez a través de las tuberías. Esto permite ahorrar mucha agua en comparación con la agricultura tradicional. No tenemos que cortar árboles ni quemar arbustos para despejar la tierra. Usamos menos nutrientes que la agricultura tradicional. En la agricultura tradicional, una vez que pones los nutrientes en el suelo, este tiene muchos organismos además de las plantas que usan esos nutrientes. Pero en la hidroponía, solo la planta usa los nutrientes.





## **Comprender:** ¿Cómo pueden las nuevas técnicas ayudar a cultivar alimentos en nuevos lugares?

En la actividad Descubrir, modelaste cuánto de la superficie de la Tierra se usa actualmente para producir alimentos. También aprendiste cómo ciertos tipos de agricultura pueden dañar el medioambiente.

También sabes, por tu trabajo en la tarea 1, que nuestro planeta está enfrentando una crisis alimentaria. Necesitamos encontrar formas de producir más alimentos sin seguir dañando nuestro planeta. En esta actividad, utilizarás un modelo para pensar en cómo utilizar la biotecnología para producir alimentos de manera más sostenible. Después, aplicarás este modelo en tu comunidad local.

1. Trabaja con un compañero.
2. Lee *¿Dónde podemos cultivar tomates?* para obtener instrucciones sobre cómo configurar el modelo.

### ***¿Dónde podemos cultivar tomates?***

- a. Trabaja con un compañero a fin de recopilar los siguientes materiales para configurar tu modelo:
  - 2 hojas de papel
  - 8 objetos pequeños (como clips, recortes de papel o monedas)
  - Lápiz o bolígrafo
- b. Utiliza un bolígrafo o lápiz para dividir cada hoja de papel en ocho partes iguales.
- c. Titula un papel como “Granja/Bosque” y el otro papel como “Ciudad”.
- d. En el papel titulado *Granja/Bosque*, designa cuatro de las partes como “Bosque”. También puedes dibujar un bosque, usar símbolos o marcar las partes de papel de otra manera, siempre que puedas identificar que es un bosque. Designa las otras cuatro partes como “Granja”. De nuevo, puedes escribir, dibujar o usar símbolos. En la figura 2-14, se muestra un ejemplo.

Granja	Granja
Granja	Granja
Bosque	Bosque
Bosque	Bosque

Figura 2-14: Un ejemplo de un papel titulado *Granja/Bosque*.



e. En el papel titulado *Ciudad*, utiliza una de las siguientes ocho palabras para etiquetar cada parte, dibuja o usa símbolos (en la figura 2-15, se muestra un ejemplo):

- Estacionamiento
- Carretera
- Carretera de dos carriles
- Edificio de apartamentos
- Edificio de oficinas
- Parque
- Campo de atletismo
- Centro comunitario

Estacionamiento	Carretera
Carretera de dos carriles	Edificio de apartamentos
Edificio de oficinas	Parque
Campo de atletismo	Centro comunitario

Figura 2-15: Un ejemplo de un papel titulado *Ciudad*.

f. Reúne ocho objetos pequeños. Estos objetos representan los tomates que tu equipo agrícola debe sembrar.

3. Coloca el papel titulado *Granja/Bosque* frente a ti y tu compañero.
4. Trabaja con tu compañero para sembrar las ocho plantas de tomate, o la cantidad que quieras plantar de esas ocho plantas. Ten en cuenta estas reglas:
  - a. Puedes sembrar solo una planta de tomate en cada espacio.
  - b. Si eliges plantar tomates en un espacio de *bosque*, significa que te desharás de esa sección del bosque.
  - c. También puedes optar por no sembrar tomates en un espacio.
5. Cuando hayan terminado de sembrar, reúnanse con otra pareja y respondan las siguientes preguntas.
  - a. ¿Cuántas plantas de tomate sembraron?
  - b. ¿Cómo decidieron dónde sembrar tomates?



6. Vuelvan a reunir los ocho objetos pequeños y coloquen el papel titulado Ciudad frente a ti y tu compañero.
7. El objetivo es sembrar tantas plantas de tomate como puedan. Debido a que esta es una ciudad, muchos de los espacios ya están siendo utilizados para satisfacer las necesidades de las personas. Si eligen sembrar tomates en un espacio en particular, quitarán lo que está en ese espacio. También pueden optar por no sembrar tomates en un espacio.
8. Trabaja con tu compañero para volver a realizar el paso 4 en el papel titulado Ciudad.
9. Cuando hayan terminado de sembrar, reúnanse con otra pareja y respondan las siguientes preguntas.
  - a. ¿Cuántas plantas de tomate sembraron?
  - b. ¿Plantaron más o menos que en el papel titulado Granja/Bosque? ¿Por qué?
  - c. ¿Cómo decidieron dónde sembrar tomates?
10. Ahora, elige el papel titulado Granja/Bosque o el papel titulado Ciudad. Tú y tu compañero volverán a tomar una decisión sobre la siembra de tomates. Pero esta vez, considerarán una nueva perspectiva cuando tomen su decisión. Seleccionen solo una perspectiva sobre el papel que elijan, ya sea el papel titulado Granja/Bosque o el papel titulado Ciudad.
  - a. Si eligen el papel titulado Granja/Bosque, seleccionen una de las perspectivas que se enumeran a continuación:
    - **Social:** Un banco de alimentos de tu comunidad necesita más alimentos frescos. Te pidieron que despejaras los bosques y sembraras tantos tomates como sea posible para ayudar a las personas que lo necesitan.
    - **Económica:** Trabajas en la granja de tomates de tu comunidad. Si no siembras tomates en los ocho espacios, no obtendrás un salario suficiente para seguir pagando por tu hogar.
    - **Medioambiental:** El bosque cercano a tu granja de tomates es el único hábitat para una planta exótica de orquídeas. Esa orquídea ofrece comida para varios tipos de insectos en el bosque. Sin embargo, más personas se han trasladado a tu comunidad y ha habido una gran demanda de comida, por lo que se te ha pedido que despejes algunos de los espacios boscosos.
    - **Ética:** Tu Gobierno local acaba de comprar grandes cantidades de pesticidas. Se los darán gratuitamente a los agricultores. Tú entiendes que los pesticidas pueden tener un efecto negativo en los seres humanos y en el entorno cercano, y eso te preocupa. Pero si utilizas los pesticidas, puedes cultivar el doble de tomates por espacio.



b. Si eligen el papel titulado *Ciudad*, seleccionen una de las perspectivas que se enumeran a continuación:

- **Social:** El campo de atletismo de tu ciudad es donde los jóvenes y los adultos juegan deportes. Los adultos mayores se reúnen cada semana para disfrutar de juegos de patio y socializar. El campo tiene abundante tierra, luz solar y acceso al agua. Algunas personas de la comunidad han pedido transformar el campo y sembrar tomates allí en su lugar.
- **Económica:** Has solicitado utilizar un patio grande junto a tu edificio para sembrar más tomates. Sin embargo, el propietario del edificio desea construir otro conjunto de apartamentos en ese espacio. Los nuevos apartamentos aportarán mucho dinero al dueño del edificio.
- **Medioambiental:** El centro comunitario tiene un jardín con plantas nativas. Esas plantas proporcionan comida y hábitat para varias especies de aves, insectos, ranas y murciélagos. Ese espacio también podría utilizarse para cultivar tomates, que podrían distribuirse entre los residentes locales.
- **Ética:** Las personas quieren viajar por la ciudad en la carretera, pero eso significa que habría menos espacio disponible para que las personas que viven allí puedan relajarse, estar en la naturaleza o cultivar comida fresca en las cercanías.

11. Ahora, reúnan los ocho objetos pequeños y decidan dónde plantar los tomates, teniendo en cuenta solo la perspectiva que eligieron.
12. ¿Cambió la forma en que plantaron los tomates? ¿Por qué?
13. A continuación, lee *Agricultura vertical*.

### *Agricultura vertical*

Si alguna vez has visto un campo de maíz o soja, es posible que hayas notado que cultivar alimentos en el suelo puede ocupar mucho espacio. ¿Cómo pueden las personas producir la misma cantidad de alimentos sin utilizar tanto espacio? La **agricultura vertical** es un tipo de biotecnología que podría ayudar a resolver ese problema. La agricultura vertical consiste en cultivar plantas en estantes apilados verticalmente, a menudo en interiores. Los estantes ocupan menos espacio horizontal que un campo, pero aun así, se puede producir una gran cantidad de comida. En la figura 2-16, se muestra un ejemplo.





*Figura 2-16: En la foto de la izquierda, se muestra la forma en que se organizan los cultivos en una granja industrial. En la foto de la derecha, se muestra cómo se organizan los cultivos en una granja vertical.*

Las plantas pueden crecer en agua, aire o en un material que proporciona una pequeña cantidad de apoyo, como grava. La luz se proporciona con luces eléctricas o luz solar natural (como en un invernadero).

### **¿Cuáles son los posibles beneficios de la agricultura vertical?**

- Los agricultores pueden reutilizar el agua que fluye a través de los estantes, lo que les permite usar menos agua en general.
- Los cultivos pueden crecer en lugares que no tienen suelo utilizable, como un área pavimentada o una hilera de edificios.
- Los estantes ayudan a los agricultores a entregar agua y nutrientes directamente a cada planta.
- La capacidad de controlar la temperatura, la luz y la **humedad** dentro de la granja vertical permite que los cultivos crezcan durante todo el año.
- Los cultivos se pueden sembrar directamente en las comunidades que los usan.

### **¿Cuáles son los posibles desafíos de la agricultura vertical?**

- Puede ser costoso configurarla y mantenerla.
- Requiere la construcción de los estantes, una conexión de agua e iluminación.
- Es posible que los agricultores deban pagar por el uso del espacio, la electricidad, el agua, el aire acondicionado o el calor, y los nutrientes.
- Debido a que los estantes comparten una fuente de agua, cuando una planta sufre una enfermedad, se puede extender muy rápidamente de una planta a la otra.
- Solo algunos cultivos pueden crecer bien en estantes verticales. Por ejemplo, el maíz es demasiado alto para crecer en estantes.



14. Trabaja con tu compañero para revisar sus opciones de los pasos 4 a 8. Imaginen que pueden utilizar la agricultura vertical para “plantar” tomates apilando los objetos uno sobre otro. Luego, respondan las siguientes preguntas:
- ¿Qué harían de manera diferente en el papel titulado *Granja/Bosque* si pudieran utilizar la agricultura vertical?
  - ¿Qué harían de manera diferente en el papel titulado *Ciudad* si pudieran utilizar la agricultura vertical?
15. Lee lo que dice Mwamy acerca de los beneficios y desafíos de la agricultura hidropónica en su comunidad. ¿Sus ideas te hacen cambiar de opinión acerca de las situaciones en las que usarías la agricultura vertical?

### **Mwamy dice lo siguiente: . . .**



A veces, mis lechugas tienen plagas, y no tengo ninguna opción más que quitar la lechuga y quemarla. Debes tener mucho cuidado con tu sistema y con las personas con las que trabajas. Un pequeño error puede acabarlo todo. Un pequeño error y todo se va.

No puedes cultivar fácilmente papas ni cualquier otro tubérculo comestible, como zanahorias o remolachas. Puedes cultivar tomates y fresas, incluso pepinos, ya que cuelgan.

La inversión es un desafío. Es bastante grande. Si quieres hacerlo de forma comercial, como yo, tienes que hacerlo a gran escala: los invernaderos, las tuberías, los sistemas de agua y las bombas. Esta es una de las grandes desventajas. Pero el mercado está ahí para tus vegetales.

Principalmente, vendo a los supermercados en Dar es Salaam, hoteles internacionales, restaurantes y campamentos de safari. En Tanzania, tenemos una gran cantidad de campamentos de safari, y la mayoría de ellos atienden europeos. Esas personas quieren una ensalada fresca. Mis ensaladas se pueden almacenar por más tiempo. Pueden mantenerse frescas durante siete días sin morir, porque las vendo sin quitar las raíces. La mayoría de los safaris tienen una duración de hasta siete días. Por lo tanto, si compran mis vegetales, un chef de un safari tiene una ensalada que puede mantenerse fresca durante siete días. ¡Les encanta!







Figura 2-17: Lechuga fresca en un invernadero hidropónico.

16. La agricultura vertical podría ser una solución para tu propia comunidad. Trabaja con un compañero o en un grupo pequeño a fin de encontrar espacios en tu comunidad que puedan usarse para una granja vertical.
17. Lee la *Investigación sobre agricultura vertical* para obtener instrucciones.

### **Investigación de agricultura vertical**

- a. Reúnanse como equipo.
- b. Lean acerca de los tipos de materiales que podrían necesitar para construir una granja vertical.

#### **Materiales necesarios para una granja vertical**

- Espacio puertas adentro que puedas utilizar
- Un espacio que tenga control climático de temperatura y humedad
- Electricidad
- Una fuente de agua



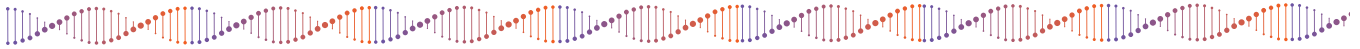
- Dinero para materiales (o materiales donados)
  - Herramientas para construir el estante de crecimiento vertical
  - Semillas o brotes de plantas que crecen bien en espacios de granjas verticales
- c. Trabaja con tu equipo para pensar juntos en un espacio en tu comunidad que podría utilizarse para una granja vertical. Piensa en los materiales necesarios para la construcción de una granja vertical a fin de encontrar un espacio que funcionaría bien. Por ejemplo, ¿el espacio que estás considerando tiene electricidad y una fuente de agua? Para encontrar un espacio, puedes seguir estas sugerencias:
- Moverte por tu comunidad y buscar edificios, almacenes, cobertizos, invernaderos, containers, estacionamientos u otros espacios que no se estén utilizando.
  - Utilizar un programa de mapas en línea (como Google Maps) para encontrar edificios y otros espacios en tu comunidad.
  - Hablar con las personas de tu hogar, amigos o personas mayores y preguntarles sobre espacios que podrían ser buenos para la agricultura vertical.
- d. Una vez que hayas encontrado un espacio que podría servir para la agricultura vertical, trabajen como equipo para imaginar cómo podría ser su granja vertical. Creen un dibujo, un modelo físico, una descripción escrita, o utilicen otro formato, como una grabación de video o audio, para registrar el diseño de su granja vertical.



*Figura 2-18: ¿Qué necesitarían cambiar en esta estación de trenes abandonada a fin de usarla para la agricultura vertical?*



18. Piensa para ti en las siguientes preguntas: ¿Qué problemas podría ayudar a resolver la agricultura vertical en tu comunidad?



**Actuar:** *¿Cómo puedo ayudar a mi comunidad a producir alimentos de manera más sostenible?*

Algunas partes de tu comunidad podrían tener problemas para obtener un acceso confiable y asequible a sus alimentos. La biotecnología, como la agricultura vertical, podría ayudar a conectar directamente a las personas de tu comunidad con los alimentos. Sin embargo, algunas personas pueden no estar familiarizadas con la biotecnología o estar nerviosas por ello. En esta actividad, harás preguntas en tu comunidad para conocer las actitudes de las personas con respecto a la biotecnología y compartir tus ideas sobre una granja vertical.

1. Inicia una conversación sobre alimentos con un adulto de confianza de tu comunidad. Utiliza las siguientes preguntas para guiar tu conversación.
  - a. ¿Hay partes de nuestra comunidad que desearías que tuvieran más acceso a alimentos, por ejemplo, lugares que no tienen tiendas de comestibles cerca?
  - b. Si pudiéramos producir alimentos justo aquí en nuestra comunidad, ¿qué tipo de comida te gustaría?
  - c. ¿Cuáles crees que podrían ser las cosas buenas de ser capaces de producir alimentos en nuestra comunidad? ¿Cuáles podrían ser algunas cosas malas?
  - d. Si dijera que podríamos utilizar la biotecnología para producir más alimentos en nuestra comunidad, ¿cómo te hace sentir la palabra “biotecnología”?
2. Toma tu plan de agricultura vertical. Primero, haz la siguiente pregunta:
  - a. ¿Alguna vez has escuchado sobre la agricultura vertical?
  - b. Si no ha escuchado sobre esto, explícale lo que has aprendido sobre la agricultura vertical.
3. Ahora, comparte tu plan para crear una granja vertical con este adulto. Explícale los beneficios, los desafíos y los alimentos que la granja podría producir.
4. Pídele al adulto que te dé sugerencias sobre tu plan. Por ejemplo:
  - a. ¿Estás de acuerdo con el lugar que elegí para la granja?
  - b. ¿Qué tipos de cultivos crees que podrían crecer en este lugar?
  - c. ¿Qué cosa no he considerado?
  - d. ¿Cuáles son tus expectativas para la agricultura en tu comunidad?
  - e. ¿Cuáles son tus preocupaciones acerca de la agricultura en tu comunidad?



5. Lee lo que dice Mwamy sobre cómo su comunidad respondió a su granja hidropónica. ¿Cómo predices que responderá tu comunidad al uso de la biotecnología para aumentar la producción de alimentos?

***Mwamy dice lo siguiente: . . .***



Mi comunidad y mi Gobierno respondieron muy bien a mi granja hidropónica. ¡Especialmente los jóvenes! A la mayoría de los jóvenes de Tanzania les gusta la agricultura, pero no les gusta la antigua manera de practicar agricultura.

Muchas personas de Tanzania prefieren las verduras cocidas, pero siempre animo a las personas a probar una ensalada. No quiero que nos quedemos donde estábamos hace 20 años.

Ahora, lo bueno es que las personas se preocupan por su salud, así que comen sus vegetales. Realmente, al principio fue muy difícil. Pero ahora mi lechuga no se queda más de dos días en el supermercado, ¡la compran toda!

## ¡Felicitaciones!

### Terminaste la parte 2.

***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Agricultura industrial:** Producir grandes cantidades de alimentos de forma rápida y económica

**Agricultura vertical:** Siembra de cultivos en varias capas apiladas una encima de la otra

**Biodiversidad:** La gran cantidad de seres vivos diferentes en la Tierra; o una medición de la cantidad de seres vivos diferentes en un área

**Biología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Consenso:** Decisión equilibrada que beneficia a todas las personas que forman parte de un grupo.

**Cría:** Los hijos de los padres

**CRISPR:** Una herramienta de biología que corta el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases

**Cruce:** El proceso de hacer que dos padres diferentes se reproduzcan para tratar de obtener rasgos específicos de los padres en sus crías

**Económico:** Relativo al dinero, los ingresos y el uso del capital.



**Ecosistema:** Comunidad formada por seres vivos y elementos inanimados.

**Edición de genes:** Cambiar genes de formas muy específicas y con propósitos particulares

**Eficiente:** Producir bienes, como alimentos, con mayor rapidez, utilizando el espacio que tenemos

**Especies invasivas:** Especies introducidas artificialmente y que no son nativas de un área específica

**Ético:** Justicia de algo.

**Fertilizante:** Un tipo de nutriente que ayuda a que las plantas crezcan

**Fijado:** Almacenado y aislado

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Habitable:** Tierra que mejor se ajusta a las necesidades a los seres vivos

**Hábitat:** Las condiciones específicas que necesitan los seres vivos para vivir y crecer.

**Hidropónico:** Cultivar plantas sin tierra usando agua, arena o grava en su lugar

**Humedad:** La cantidad de vapor de agua en el aire

**Infértil:** Tierra que no posibilita el crecimiento de seres vivos con facilidad

**Inflación:** Un aumento general en los precios



**Inseguridad alimentaria:** Falta de acceso confiable a alimentos asequibles y nutritivos

**Inserción de genes:** Insertar un gen en el ADN

**Medioambiental:** Relativo al mundo natural.

**Mitigación:** Reducir los impactos de algo negativo, como el cambio climático

**Modificar:** Cambiar o ajustar algo

**Nutrientes:** Algo que ayuda a que un ser vivo sobreviva y crezca

**OGM (organismo modificado genéticamente):** Cualquier ser vivo que se haya cambiado mediante técnicas de ingeniería genética, como la adición de transgenes

**Rasgos:** Características

**Reproducción selectiva:** El proceso de reproducir dos seres vivos con rasgos deseables con la esperanza de que sus hijos tengan los mismos rasgos

**Restricciones:** Limitaciones

**Social:** Relativo a la interacción de las personas en una comunidad

**Sostenible:** Un enfoque que equilibra diferentes perspectivas y que puede funcionar durante mucho tiempo

**Transgén:** Un gen que se trasladó de una especie a otra



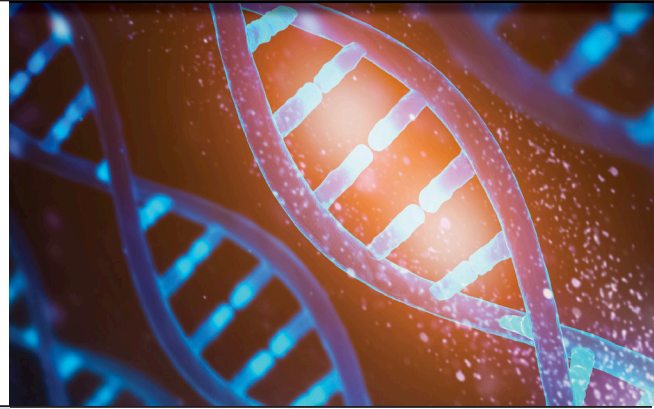
## Notas finales

1. Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas. 2020. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo en 2020: transformación de sistemas alimentarios para dietas saludables y asequibles*. Vol. 2020. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca9692en/ca9692en.pdf>.
2. Programa Mundial de Alimentos. 2022. *Informe global del 2022 sobre las crisis alimentarias: Análisis conjunto para mejores decisiones*. Vol. 2022. Obtenido de <https://www.wfp.org/publications/global-report-food-crises-2022>.





# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 3: Biotecnología y materiales

**SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

## Aviso de derechos de autor

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## Aviso de derechos de autor

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 3. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson

Pasantes contribuyentes

Emily Chen

Sarah Gallegos

Vittal Sivakumar

Mentores de investigación

Dra. Young Kim

Revisores técnicos

Dr. Kevin O'Connor

Dr. Jan-Georg Rosenboom

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## Crédito de las imágenes

Portada: Traimak\_Ivan/iStock/Getty Images Plus

Figura 3-1: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-2: Kemter/E+/Getty Images Plus

Figura 3-3: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-4: Vittal Sivakumar, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-5: Vittal Sivakumar, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-6: Vittal Sivakumar, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-7: Vittal Sivakumar, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-8: Vittal Sivakumar, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-9: Tetiana Kreminska/iStock/Getty Images Plus

Figura 3-10: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-11: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-12: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-13: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-14: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-15: Jvisentin/iStock/Getty Images Plus

Figura 3-16: Emily Chen, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3-17: Mohammed Haneefa Nizamudeen/iStock/Getty Images Plus; leonello/iStock/Getty Images Plus; sajithsaam/iStock/Getty Images Plus; yodiyim/iStock/Getty Images Plus

Figura 3-18: Emily Chen, Centro Smithsonian de Educación Científica



## PARTE 3: BIOTECNOLOGÍA Y MATERIALES

Planificador	90
<b>Tarea 1:</b> ¿Cómo puede la biotecnología cambiar los materiales que utilizamos?	92
<b>Descubrir:</b> ¿Cuáles son los problemas de sostenibilidad de los materiales que utilizamos?	93
<b>Comprender:</b> ¿Cómo podría la biotecnología ayudar a crear materiales más sostenibles?	99
<b>Actuar:</b> ¿Cómo debemos utilizar los biomateriales?	106
<b>Tarea 2:</b> ¿Podemos crear los materiales que necesitamos utilizando células y biotecnología?	109
<b>Descubrir:</b> ¿Las células podrían convertirse en las nuevas fábricas?	109
<b>Comprender:</b> ¿Podríamos imprimir órganos usando células?	113
<b>Actuar:</b> ¿Cuándo crees que se deberían utilizar las células para crear materiales?	122
Glosario	125
Nota final	129

### ***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología cambiar los materiales que utilizamos?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora los materiales y la sostenibilidad, y crea perfiles para los materiales en tu propio entorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel o pizarrón de la clase</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		45 minutos + tiempo de investigación	93
<b>Comprender</b>	Investiga la biotecnología y los materiales sostenibles, y haz tu propio bioplástico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipiente apto para microondas</li> <li>• Almidón de maíz</li> <li>• Aceite de cocina</li> <li>• Pipeta o gotero (opcional)</li> <li>• Agua</li> <li>• Colorante de alimentos (opcional)</li> <li>• Cuchara</li> <li>• Microondas u otra fuente de calor, como una estufa de cocina</li> </ul>	<u>Perfil de sostenibilidad</u> de la botella plástica de agua (actividad Descubrir)	60 minutos	99
<b>Actuar</b>	Considera el impacto de los materiales innovadores y comparte un nuevo material con tu comunidad.		<u>Lista de preocupaciones éticas</u> (parte 1)	40 minutos + tiempo de acción	106



<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 2: ¿Podemos crear los materiales que necesitamos utilizando células y biotecnología?</b>					
<b>Descubrir</b>	Descubre las maneras en que los científicos utilizan los seres vivos para crear nuevos materiales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel o pizarrón de la clase</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		30 minutos	109
<b>Comprender</b>	Investiga la necesidad de realizar bioimpresiones en 3D, crear un modelo, y considerar los desafíos y el futuro del campo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel o pizarrón de la clase</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Chispas circulares (chispas de dulces circulares, cuscús, arena u otros gránulos pequeños y redondos)</li> <li>• Mantequilla de maní, pasta dental o un material tipo gel</li> <li>• Bolsas de plástico o para sándwiches</li> </ul>	Impresiones de las figuras 3-17 (1 copia) y 3-18 (4 copias) (opcional)	65 minutos	113
<b>Actuar</b>	Piensa en las preocupaciones éticas sobre el uso de la biotecnología para crear materiales y compártelas con otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<u>Lista de preocupaciones éticas</u> (parte 1)  <u>Panel de tendencias del futuro</u> (Parte 1)	20 minutos	122



## Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología cambiar los materiales que utilizamos?

Todos usamos materiales todos los días. Un **material** es cualquier sustancia que compone un objeto. Los lugares donde vivimos, nuestros muebles, nuestra ropa, nuestra comida, los productos que usamos y nuestros medios de transporte requieren materiales. ¿De dónde provienen estos materiales y la manera en que los utilizamos es **sostenible**? ¿Qué alternativas existen? En esta tarea, primero **descubrirás** más acerca de tu propio uso de materiales y si es que es sostenible. Luego, investigarás para **comprender** más acerca de los materiales sostenibles creados con **biotecnología**. Por último, **actuarás** en función de esta información y decidirás de qué manera esto afectará tu uso de los materiales en el futuro.

### *Conoce a tu mentor de investigación*



Conoce al Dr. Young Kim Young (pronunciado YANG) es uno de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan utilizar la biotecnología para crear materiales más sostenibles.

Young es un profesor adjunto de biomateriales sostenibles en la Universidad de Tecnología de Virginia, en Estados Unidos. Tiene un doctorado en ciencias de empaque. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que Young ahora trabaja contigo, es importante que lo conozcas.

Para eso, Young completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Young incluye lo siguiente:

- 52 años
- Recibió su doctorado de la Universidad Clemson, clase del 2005
- Asiático (de Corea del Sur)
- Masculino
- Vive en Blacksburg, Virginia, EE. UU.
- Fuertes lazos con Corea del Sur y Estados Unidos
- Está interesado en cómo utilizar los bioplásticos de manera más eficiente y económica
- Le gustan los videojuegos y el golf

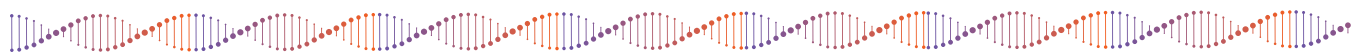


- Usa anteojos y tiene cabello corto, “al estilo de los soldados”
- Cree en tener siempre una mentalidad positiva
- Proveedor de dinero de su hogar
- Parte del Grupo de diseño y sistemas de empaque ubicado en el Departamento de biomateriales sostenibles de la Universidad de Tecnología de Virginia

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Young.

- ¿Tienes algo en común con Young?
- ¿En qué te diferencias de Young?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Young, además de sus títulos universitarios, que lo ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre los materiales sostenibles?

En esta tarea, notarás que Young comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar, o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



**Descubrir:** *¿Cuáles son los problemas de sostenibilidad de los materiales que utilizamos?*

Todos los días usamos materiales diferentes. Algunos materiales son naturales, como madera, piedra y arena. Algunos materiales, como plástico, acero y concreto, son creados por personas. Los científicos creen que la masa de materiales hechos por humanos es ahora mayor que la masa de todos los seres vivos del planeta. En esta tarea, pensarás sobre las consecuencias de utilizar y crear diferentes tipos de materiales. ¿Qué tan sostenibles son los materiales a tu alrededor?

1. Con tu equipo, siéntense en un círculo.
2. Pide a cada persona de tu equipo que trate de nombrar un material utilizado en cada una de las siguientes categorías. Por ejemplo, en el caso de los edificios, alguien podría decir “madera”. Puedes mencionar un material natural, como “piedra”, o un material fabricado por humanos, como “ladrillos”. Es posible que no conozcas todos los materiales que forman parte de una categoría. No pasa nada, pero hazlo lo mejor que puedas. Cuando a alguien no se le ocurra una respuesta, pasa a la siguiente categoría.



- a. Edificios y construcción
  - b. Artículos para el hogar (muebles, electrodomésticos, utensilios, etc.)
  - c. Ropa
  - d. Envases (de alimentos; productos de belleza, médicos, personales y del hogar; artículos transportados; etc.)
  - e. Infraestructura (camino, puentes, etc.)
3. Elige un artículo que tú o tus compañeros de equipo hayan enumerado y piensa para ti sobre las siguientes preguntas:
- a. ¿De dónde proviene ese material? Por ejemplo, ¿se extrae del suelo?
  - b. ¿Qué sucede cuando ya no se utiliza? Por ejemplo, ¿se recicla? ¿Va a un vertedero? ¿Pasa al aire? ¿Ingresa a las vías fluviales? ¿Se quema?
  - c. ¿Qué crees que hace que un material sea sostenible? Lee las ideas de Young.

*Young dice lo siguiente: . . .*



Hay muchas partes diferentes para que un material sea sostenible. ¿El origen del material es sostenible? ¿El material genera altas emisiones de carbono que contaminan la atmósfera?

Existen muchas maneras de aumentar la sostenibilidad de los materiales, por ejemplo, mejorar la tecnología de procesamiento para consumir menos energía, reutilizar el material y reciclar. Pensar de dónde proviene el material y qué sucede cuando se lo desecha es una parte importante de la sostenibilidad.

4. En equipo, debatan: ¿qué significa que un material sea sostenible? Por ejemplo:
- a. ¿Los materiales sostenibles están hechos de recursos **renovables**, es decir, que se reabastecen fácilmente? A menudo, esto significa que se basan en algo que podría volver a crecer rápidamente, como una planta, un hongo o una bacteria de rápido crecimiento. Estos, a veces, se denominan **materiales de base biológica**.
  - b. ¿Los materiales sostenibles son **biodegradables**, lo que significa que se pueden descomponer relativamente rápido en un ambiente natural? Por ejemplo, ¿se descomponen rápidamente en una pila de abono o si llegan a una vía fluvial?





- c. ¿Los materiales sostenibles son **asequibles**, es decir, económicos?
  - d. ¿Los materiales sostenibles **son duraderos**, es decir, se pueden reutilizar muchas veces o sus materiales se pueden reciclar fácilmente?
  - e. ¿Los materiales sostenibles son de **bajos recursos**, es decir, se fabrican sin necesidad de una gran cantidad de energía, agua u otros recursos naturales?
  - f. ¿Los materiales sostenibles son **limpios**, es decir, solo agregan **gases de efecto invernadero** u otros tipos de contaminación en cantidades mínimas al ambiente natural?
5. Con tu equipo, utiliza un papel o el pizarrón para crear un gráfico de Perfil de sustentabilidad como el que se muestra en la figura 3-1.

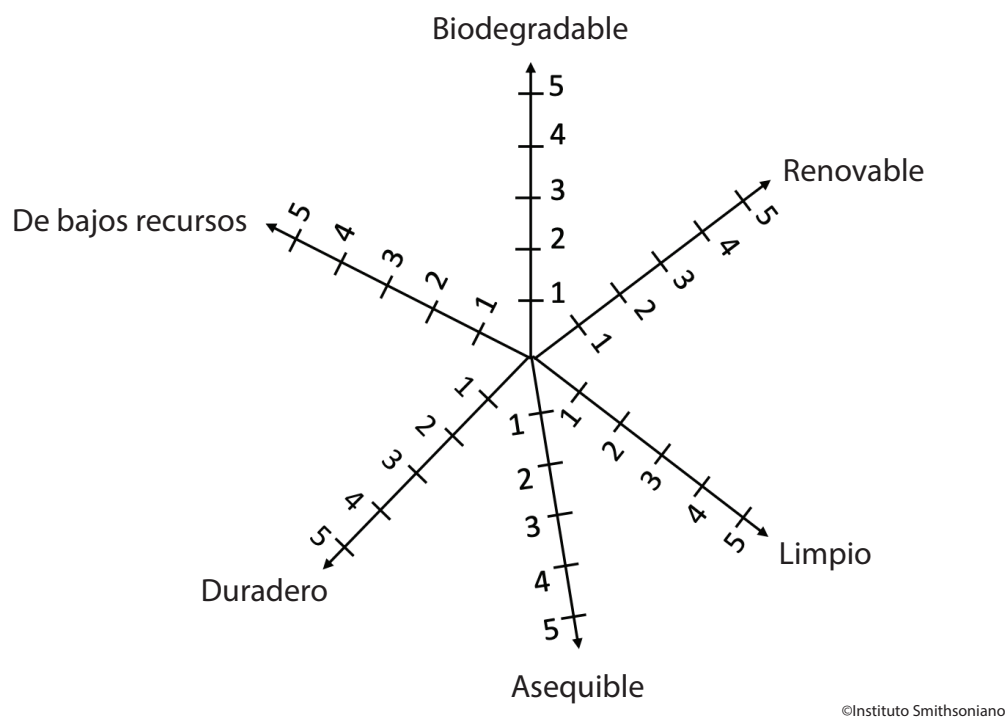


Figura 3-1: Ejemplo de gráfico de un Perfil de sustentabilidad.

6. Lee El ciclo de vida de una botella plástica de agua y busca información sobre si el material utilizado para crear la botella plástica de agua es renovable, biodegradable, asequible, duradero, de bajos recursos y limpio.



## El ciclo de vida de una botella plástica de agua

Hace millones de años, los seres vivos del océano, como las algas y el zooplancton, morían, se hundían al fondo del mar, y el sedimento los enterraba. Con el tiempo, los cuerpos de estos seres vivos se comprimieron profundamente en la Tierra. Esa compresión los convirtió en un combustible fósil, conocido como petróleo crudo.

Luego, en los últimos tiempos, los trabajadores taladraban profundamente en la Tierra para alcanzar el petróleo crudo. Bombeaban el aceite para sacarlo de la Tierra y lo enviaban a través de una tubería para **refinarlo**. En la refinería, otros trabajadores calentaban y destilaban el petróleo crudo para separarlo en diferentes partes. Una parte se calentaba a altas temperaturas para dividirla en moléculas pequeñas. Algunas de estas moléculas se combinaban en cadenas largas, llamadas **polímeros**, mediante un proceso en el que se utiliza calor, agua y otras sustancias químicas. El plástico resultante se denomina PET. El PET se configuraba en pequeños gránulos y se enviaba a una fábrica de botellas plásticas.

Una vez que los gránulos de PET llegaban a la fábrica, se derretían y se les soplaban aire en el interior mientras el PET fundido se presionaba contra un molde para formar una botella. Las botellas se llenaban con agua, se les ponían tapas, se empaquetaban y se enviaban a una tienda.

En la tienda, la botella de agua era económica. Una persona la compraba, bebía el agua y se deshacía de la botella.



Figura 3-2: Botellas plásticas después de su uso.



El resto de la historia podía seguir de muchas formas diferentes. A veces, la botella se desechaba y terminaba en un vertedero, donde no se degradaba durante cientos de años. O la botella se podía quemar con otros residuos como combustible y liberaba carbono a la atmósfera. O bien, la botella podía reciclarse para convertirse en otros productos, como otra botella o una camiseta. Sin embargo, el plástico generalmente solo se recicla unas pocas veces antes de que la calidad disminuya y ya no se pueda utilizar. O alguien podía botarla en el suelo, o las botellas podían terminar en un vertedero. Luego, una botella podía entrar en la vía fluvial y llegar al océano, donde flotaba y se descomponía lentamente en trozos más pequeños durante cientos de años. Estos plásticos y microplásticos pueden causar problemas para la vida marina y la salud humana. De hecho, por peso, las botellas plásticas son los elementos que más se botan en las playas de todo el mundo.

7. Completa el *Perfil de sostenibilidad* de una botella plástica según *El ciclo de vida de una botella plástica de agua*. Para cada característica, como “biodegradable”, clasifica la botella de plástico entre muy mala (1) y muy buena (5), y dibuja un punto en ese número a lo largo de la línea. No te preocupes si no tienes una buena respuesta a una o más de las características. Simplemente esfuérzate al máximo. Conecta los puntos entre las líneas. Ahora tienes el perfil de sostenibilidad de la botella plástica. En la figura 3-3, se muestra un ejemplo.

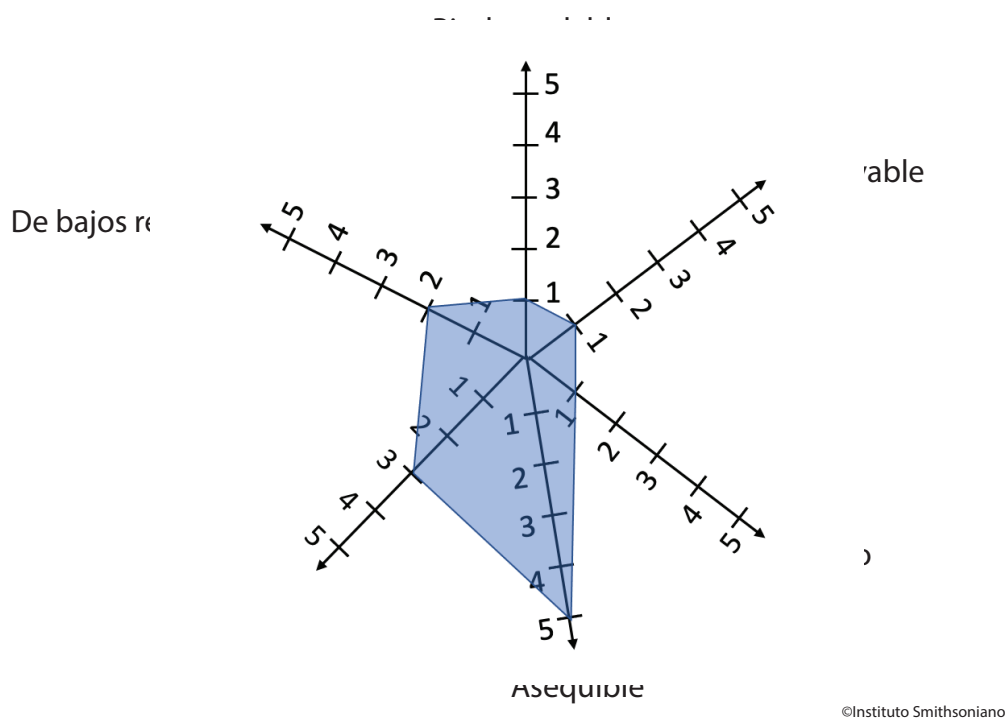


Figura 3-3: Ejemplo de un perfil de sostenibilidad típico de una botella plástica de agua.



8. Piensa para ti: ¿Se te ocurre un material que podría tener un mejor perfil de sostenibilidad que una botella plástica?
9. Lee las *Instrucciones de búsqueda de materiales y sostenibilidad*, y sigue las instrucciones por tu cuenta.

### *Instrucciones de búsqueda de materiales y sostenibilidad*

#### **Ubicación**

Muévete por el aula, tu escuela, tu hogar o el espacio donde estás aprendiendo.

#### **Materiales**

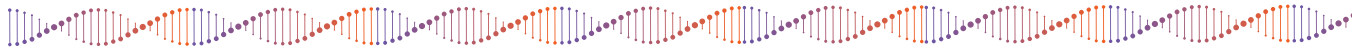
Busca los elementos que se encuentran en las categorías que enumeraste en el paso 2. Por ejemplo, puede ser que encuentres una mesa de madera en tu aula o que la acera fuera de tu hogar esté hecha de hormigón. Elige un artículo para investigar.

#### **Decide sobre la sostenibilidad**

Crea un nuevo gráfico del *Perfil de sostenibilidad* como el que se muestra en la figura 3-1. Etiqueta el gráfico con el nombre de tu artículo. Examina tu artículo. Para cada característica del perfil de sostenibilidad, decide un número entre 1 (muy malo) y 5 (muy bueno) para tu artículo y coloca el número en el gráfico. Si no estás seguro, puedes usar Internet, la biblioteca u otra fuente como ayuda para decidir. Si no puedes encontrar la información, simplemente indica lo que te parece a ti. Cuando hayas terminado, conecta los números.

10. Comparte tu gráfico del *Perfil de sostenibilidad* con tu equipo.
11. Examina los perfiles de sostenibilidad de tus compañeros de equipo. ¿Qué te llama la atención?
12. Como equipo, analicen lo siguiente:
  - a. ¿Cuáles fueron los materiales más y menos sostenibles que encontraste?
  - b. ¿Qué hacía que los materiales a menudo no fueran sostenibles? Por ejemplo, ¿no eran biodegradables, no eran reutilizables o estaban hechos de materiales que no eran renovables?





## **Comprender:** ¿Cómo podría la biotecnología ayudar a crear materiales más sostenibles?

Crear materiales más sostenibles es importante. La biotecnología puede ayudar con este proceso. A veces, la biotecnología puede ayudar mediante el uso de seres vivos para crear artículos que necesitamos. Otras veces, la biotecnología puede ayudar por medio del reciclaje de productos de desechos para convertirlos en materiales utilizables. A veces, la biotecnología puede ayudar a crear y utilizar proteínas llamadas **enzimas**, que aceleran y fomentan reacciones químicas específicas. En esta tarea, aprenderás más acerca de cómo la biotecnología puede ayudar a que los plásticos sean más sostenibles. Luego, pensarás cómo la biotecnología puede cambiar el perfil de sostenibilidad de otros materiales.

1. Examina tu *Perfil de sustentabilidad* de la botella plástica de agua de la actividad Descubrir. Lee cada una de las innovaciones que Young comparte y debate con tu equipo sobre cómo la nueva técnica podría cambiar el perfil de sostenibilidad de la botella plástica.

### **Young dice lo siguiente: . .**



Es posible que conozcas el ácido poliláctico (PLA, del inglés “poly-lactic acid”). Es uno de los bioplásticos más comunes. Para crear PLA, hay que tener almidón de maíz u otra fuente de alimentos para las bacterias; estas lo consumen y producen ácido láctico. Luego, polimerizamos el ácido láctico y obtenemos plástico PLA. El PLA es de base biológica y es **compostable** en algunas situaciones.

- a. Como explicó Young, los científicos han creado polímeros utilizando materiales como almidón de maíz y los desechos de caña de azúcar. A veces, estos se denominan **bioplásticos**. ¿De qué manera el uso de los desechos de almidón de maíz o caña de azúcar para crear los materiales utilizados en la fabricación de plástico cambiaría el perfil de sostenibilidad de una botella plástica?



**Young dice lo siguiente: . .**



Tenemos otro tipo de plástico, llamado PHA, que es biodegradable en el océano. Esto es importante, porque aunque a veces el PLA es compostable, no se biodegrada en el océano, y sabemos que muchos plásticos terminan en el océano.

b. ¿De qué manera la capacidad de biodegradarse en el océano cambia el perfil de sostenibilidad de una botella plástica?

**Young dice lo siguiente: . .**



También existe la cuestión de lo que las bacterias comen a medida que generan los productos químicos para hacer bioplástico. Por ejemplo, algunos científicos están diseñando bacterias para que coman plástico residual y, luego, produzcan las sustancias químicas necesarias para hacer plástico que sea biodegradable en el océano.

c. Si la producción de un plástico biodegradable en el océano podría disminuir la cantidad de desechos plásticos, como lo describe Young, ¿cómo cambiaría eso el perfil de sostenibilidad de una botella plástica?

2. Utiliza las *Instrucciones para crear bioplástico* a fin de crear tu propio bioplástico.

**Instrucciones para crear bioplástico**

**Materiales que se deben recopilar**

- Recipiente apto para microondas o que se pueda calentar
- 15 g (1 cucharada) de almidón de maíz (también llamado harina de maíz)
- 4 gotas de aceite de cocina
- Pipeta o gotero (opcional, también puedes usar tu dedo)
- 22 g (1,5 cucharadas) de agua
- Colorante de alimentos (opcional)



- Cuchara
- Microondas u otra fuente de calor, como una estufa de cocina


### Pasos que seguir

- Coloca el almidón de maíz en un recipiente apto para microondas o seguro para calentar.
- Agrega cuatro gotas de aceite de cocina con una pipeta o un gotero, o deja que las gotas caigan de la punta de tu dedo.
- Agrega el agua.
- Agrega el colorante de alimentos (opcional).
- Utiliza la cuchara para revolver hasta que la mezcla sea suave.
- Caliéntala en el microondas a temperatura media entre 30 y 90 segundos. Luego, revísala cada 30 segundos. Tu bioplástico debería ser más claro y seco al tacto. Cuanto más grueso sea el bioplástico, más tiempo tardará en el microondas.
- Si estás utilizando la cocina, remueve el bioplástico sobre fuego bajo hasta que se vuelva más claro y grueso.
- Tu contenedor ahora contiene un bioplástico flexible. Espera a que se enfríe un poco y, luego, retíralo del recipiente. Si lo quieres en una forma particular, moldéalo en esa forma y deja que se enfríe por completo.
- Si quieres más plástico, utiliza las mismas proporciones y aumenta la cantidad de cada ingrediente.



Figura 3-4: Un ejemplo de bioplástico casero.



 **Consejo de seguridad física**

Los materiales calentados en el microondas pueden estar calientes. Ten cuidado al retirar el bioplástico del microondas y espera a que se enfríe antes de tocarlo.

**Más información sobre los bioplásticos**

- Este plástico se puede moldear de muchas formas diferentes.
- Es biodegradable; si lo enterraras en el suelo o lo colocaras en una compostadora, se descompondría.
- Aunque tu bioplástico casero puede ser frágil, los científicos son capaces de fabricar bioplástico que es bastante duradero, igual que el plástico al que estás acostumbrado.

Para acceder a otras recetas de bioplástico y más información sobre la producción de bioplásticos, visita el [\*StoryMap de ¡Biotecnología!\*](#)

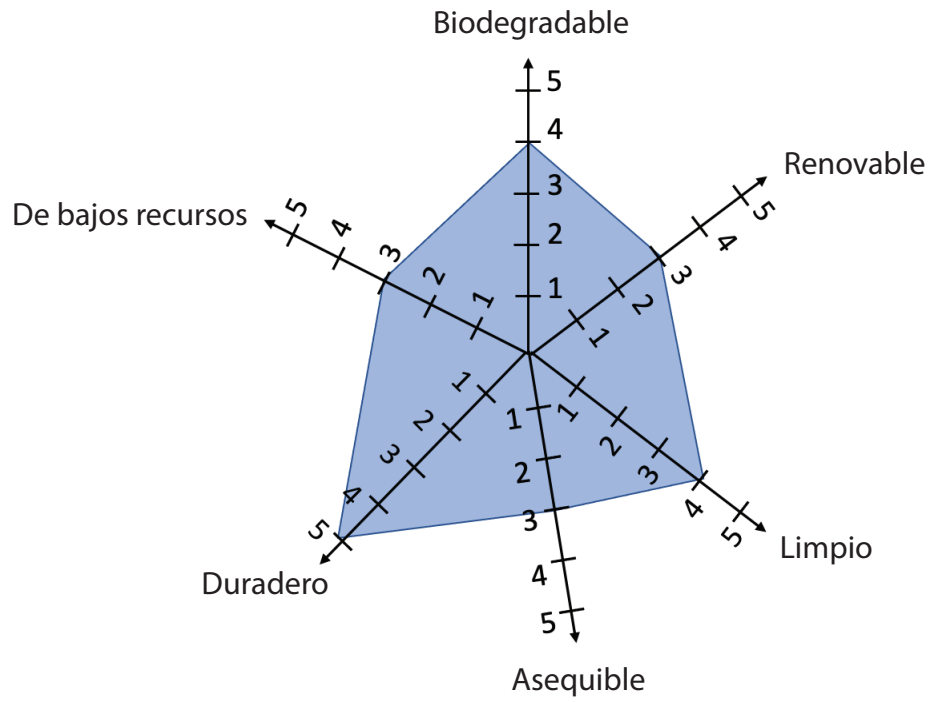
3. Analiza con tu equipo:

- a. ¿Qué resultó bien con la fabricación de bioplástico?
- b. ¿Qué fue un desafío?
- c. ¿Qué tipos de cosas tendrían que cambiar para que los bioplásticos se utilicen con más frecuencia?

4. Recuerda las categorías de materiales de la actividad Descubrir. Ya pensaste en el plástico de los materiales de envase. ¿Qué otros tipos de problemas de sostenibilidad con los materiales puede ayudar a solucionar la biotecnología? En los gráficos de las figuras 3-5 a 3-8, se muestran los perfiles de sostenibilidad de un material común para cada categoría que consideraste en el paso 2 de la actividad Descubrir. Examina cuidadosamente cada perfil de sostenibilidad. ¿Hay algo que te preocupe? ¿Qué te gustaría que cambiara?



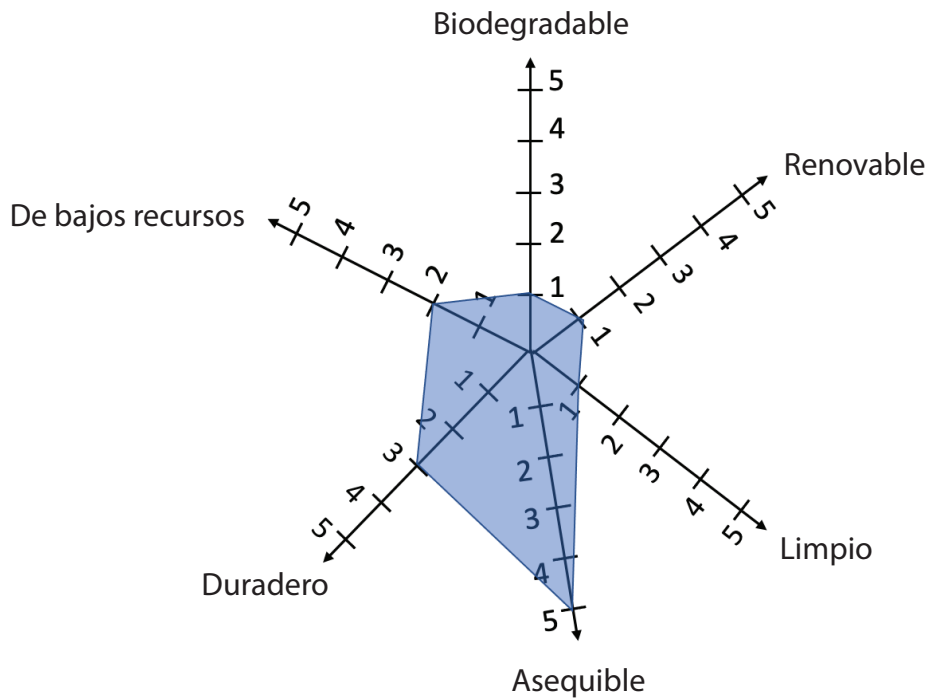




### Ladrillos de arcilla

©Instituto Smithsonian

Figura 3-5: Perfil de sostenibilidad de los ladrillos de arcilla.

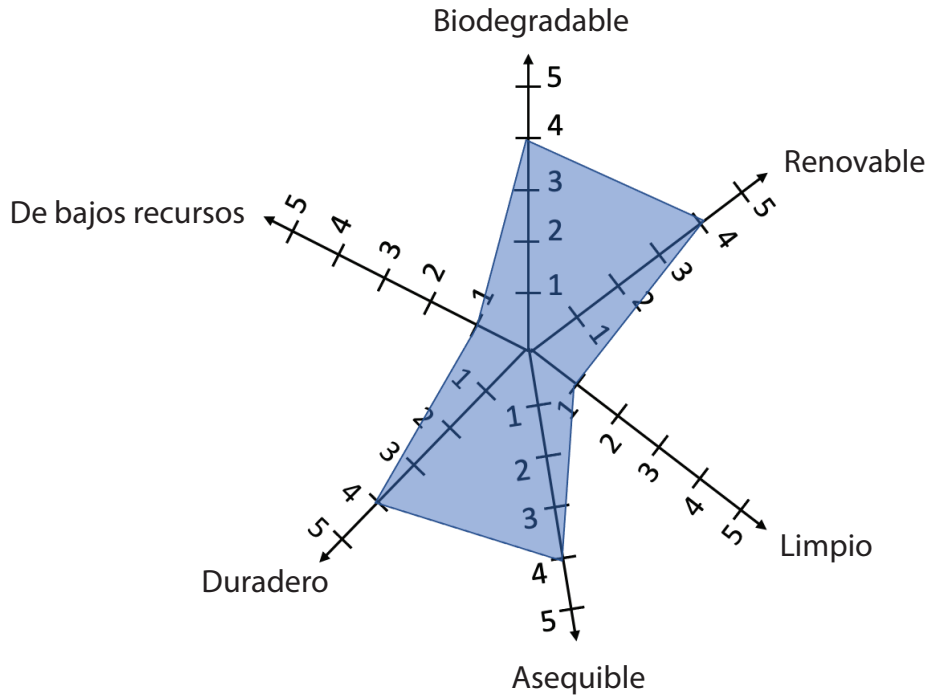


### Platos plásticos

©Instituto Smithsonian

Figura 3-6: Perfil de sostenibilidad de los platos plásticos.

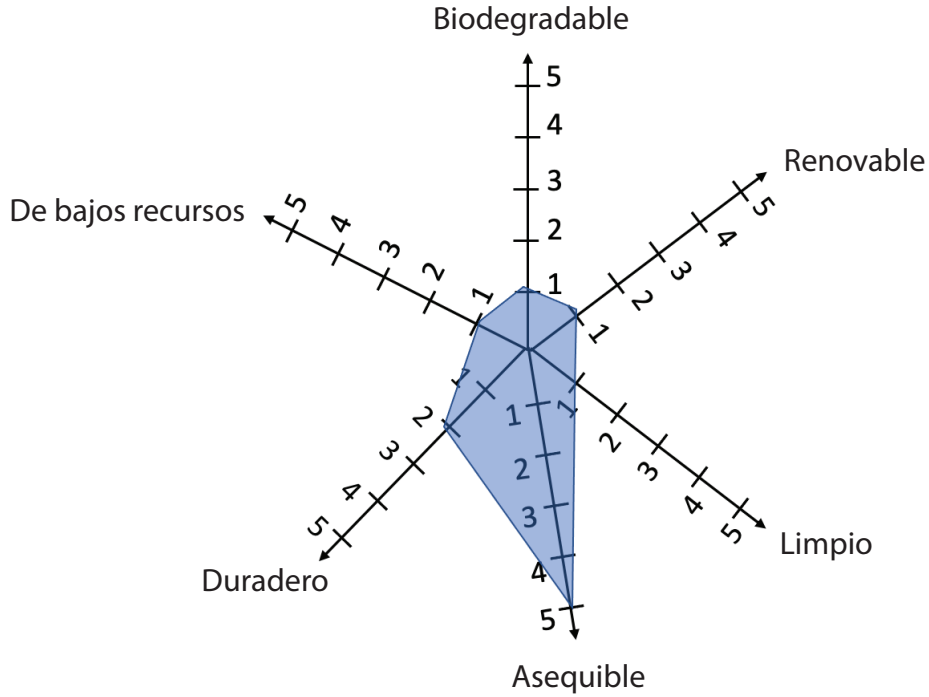




Cuero

©Instituto Smithsonian

Figura 3-7: Perfil de sostenibilidad del cuero.



Hormigón

©Instituto Smithsonian

Figura 3-8: Perfil de sostenibilidad del hormigón.



5. Lee las *Innovaciones de materiales sostenibles*. Empareja cada innovación con un material existente de las figuras 3-5 a 3-8. ¿Cómo crees que la innovación cambia el perfil de sostenibilidad del material existente?

### *Innovaciones de materiales sostenibles*

El **hormigón autorreparable** tiene bacterias incrustadas. Estas bacterias pueden crear estructuras similares al hormigón. Por lo tanto, si se desarrolla una grieta en el hormigón, las bacterias reaccionan al aire y al agua en la grieta y la llenan. Esto significa que el hormigón puede durar mucho más tiempo sin tener que ser reemplazado.

El **cuero de mango** está hecho de residuos de mango. No se necesitan los productos químicos tóxicos que se utilizan en la fabricación de cuero de vaca. El cuero de mango evita los gases de efecto invernadero y la deforestación causada por la crianza de ganado necesaria para producir el cuero de vaca.



*Figura 3-9: Cuero elaborado a partir de desechos de mango.*

Los **ladrillos de hongos** se cultivan a partir de setas. Pueden crecer en muchas formas diferentes y no se necesita mucho calor ni energía para hornearlos, a diferencia de los ladrillos de arcilla. Cuando ya no se utilizan, pueden biodegradarse fácilmente.



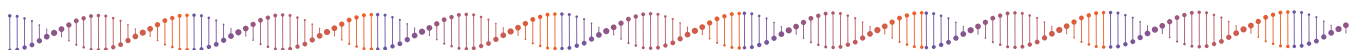


Figura 3-10: Ladrillos de hongos apilados.

Los **platos de caña de azúcar** se pueden hacer de desechos de caña de azúcar. Los platos de caña de azúcar se biodegradan en solo tres meses, pero los platos plásticos pueden tardar cientos de años en biodegradarse. A diferencia de la necesidad de **extraer** petróleo o gas de la Tierra, los platos de caña de azúcar se producen a partir de los desechos de la producción de azúcar.

6. Analiza con tu equipo:

a. ¿Qué material de los que has explorado te parece más emocionante?



**Actuar:** *¿Cómo debemos utilizar los biomateriales?*

A muchas personas les gustaría usar materiales sostenibles, pero hay razones por las que no pueden hacerlo. En esta actividad, decidirás qué aspectos de la sostenibilidad crees que son más importantes para los materiales. Considerarás si existen preocupaciones **éticas** sobre el uso de algunos de los nuevos materiales creados con la biotecnología. Luego, elaborarás un mensaje para compartir sobre el material que quieres que otros utilicen.

1. Piensa en los materiales nuevos y más sostenibles sobre los que aprendiste en la actividad Comprender. Elige el material que más te entusiasma. A veces, aunque un material puede parecer sostenible desde una perspectiva, puede crear un



problema desde otra. ¿Se te ocurre alguna preocupación por este material desde una de las cuatro perspectivas? Debate con tu equipo las preocupaciones desde diferentes perspectivas para cada uno de los materiales.

- a. Desde una perspectiva **social**, ¿usar el material menos sostenible es una parte importante de tu cultura o parte de mantener la salud de las personas?
  - b. Desde una perspectiva **económica**, ¿producir el nuevo material es más costoso? ¿Se podría producir utilizando instalaciones de producción existentes, como fábricas?
  - c. Desde una perspectiva **ambiental**, ¿el uso del nuevo material tiene algún impacto en la vida silvestre o la atmósfera? Por ejemplo, puede ser que la agricultura de hongos, mangos o caña de azúcar que se usan para los materiales sostenibles les quite terreno a las zonas silvestres o que requiera muchos pesticidas.
  - d. Desde una perspectiva ética, ¿el uso de este material hará que las cosas sean más injustas, por ejemplo, por el aumento de la desigualdad entre las personas?
2. Examina el gráfico del *Perfil de sostenibilidad* que se muestra en la figura 3-1. Piensa para ti: ¿Crees que todas las características de un perfil de sostenibilidad son igualmente valiosas o que hay algunas que son más importantes? Si crees que algunas son más importantes, ¿cuáles?
3. Analiza tus ideas con tus equipos e intenta **llegar a un consenso** sobre el material acerca del cual te gustaría compartir información con el resto de tu comunidad. Un consenso no es una competencia donde se gana o se pierde. Llegar a consenso significa trabajar juntos a fin de encontrar una decisión equilibrada que funcione para todos.
- a. ¿Hay ciertas perspectivas que crees que es realmente importante considerar?
  - b. ¿Existen algunas características del perfil de sostenibilidad que todos creen que son importantes?
  - c. Si las personas no están de acuerdo, vuelve a pensar en tu mapa de identidad y lo que aprendiste sobre las perspectivas. ¿Cómo se relaciona tu opinión con tu identidad y experiencias pasadas?
4. Con tu equipo, piensen en lo que los hizo comenzar a utilizar materiales nuevos o diferentes en el pasado. ¿Podrían ayudar a cambiar la forma en que otras personas utilizan materiales?

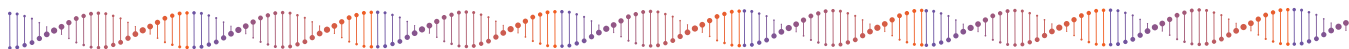


5. Desarrolla una manera de informar sobre el material que tu equipo acordó a otros miembros de tu comunidad. Por ejemplo:
  - a. ¿Podrías empezar a usar este material tú mismo y convertirte en un ejemplo para los demás?
  - b. ¿Podrías crear este material por tu cuenta y mostrárselo a los demás?
  - c. ¿Podrías recopilar información y crear una infografía para ayudar a las personas a comprender por qué este material es una mejor opción?
  - d. ¿Hay alguna otra manera en la que te gustaría informar?
6. Decide lo que vas a hacer. Asegúrate de que tu plan pueda incluir a todos los miembros de tu equipo.
7. Utiliza tu técnica de comunicación para compartir información sobre el material que elegiste con tu comunidad.



## Tarea 2: ¿Podemos crear los materiales que necesitamos utilizando células y biotecnología?

Imagina un mundo en el que podrías crear los materiales que necesitas utilizando la biotecnología. Un mundo donde la levadura y las bacterias diseñadas se convierten en las nuevas fábricas, donde las personas que necesitan un trasplante de corazón reciben un corazón impreso a partir de sus propias células. En esta tarea, **descubrirás** más acerca de tu conexión con las maneras en que los científicos ya usan los seres vivos para crear nuevos productos. A continuación, investigarás para **comprender** cómo los avances en el uso de células humanas para bioimprimir están creando nuevas oportunidades. Por último, considerarás las posibilidades y **actuarás** para crear el futuro que desees.



### **Descubrir:** *¿Las células podrían convertirse en las nuevas fábricas?*

En la parte 1, aprendiste cómo la biotecnología ha utilizado **microorganismos**, como levaduras y bacterias, para crear elementos, como pan y yogur. Esos microorganismos utilizan sus procesos naturales para producir dióxido de carbono, que hace que el pan se levante, o ácido láctico, que hace que el yogur sea ácido. Sin embargo, ¿qué pasaría si pudieras cambiar los procesos naturales de los microorganismos para producir diferentes materiales? Los científicos están diseñando procesos completamente nuevos para crear materiales mediante herramientas de biotecnología, como **CRISPR**. Los científicos ahora también tienen la capacidad de crear secuencias de **ADN** completamente nuevas, conocidas como **ADN sintético**.

1. Recuerda, un material es cualquier sustancia que compone un objeto. Si lo piensas, tu cuerpo está compuesto por materiales. Con un compañero, piensen en algunos de los materiales que forman parte de tu cuerpo, por ejemplo, tu cabello, uñas, huesos o ácido estomacal. Debatan las siguientes preguntas entre ustedes:
  - a. ¿De dónde provienen estos materiales?
  - b. ¿Cómo participan las células en la fabricación de materiales en tu cuerpo?
  - c. ¿Las células, a veces, forman parte de los materiales mismos?
  - d. ¿Pueden pensar en algún material producido por células en otros seres vivos?
2. Lee *Las muchas funciones de la célula*.



## Las muchas funciones de la célula

Las células son las fábricas originales. Cada célula hace un trabajo, desde los pequeños organismos unicelulares, como las bacterias y las algas, hasta cada una de las enormes cantidades de células en un organismo multicelular, como una ballena o un árbol secuoya. Las células utilizan las instrucciones que se encuentran en el ADN para realizar muchas actividades, tales como las que se mencionan a continuación:

- Producir materiales
- Procesar desechos
- Utilizar energía del sol para crear azúcar a partir del agua y el dióxido de carbono en un proceso llamado fotosíntesis, que elimina el carbono del aire y libera oxígeno
- Crecer y dividirse

Las células producen muchas cosas y realizan funciones que son útiles para sí mismas y para los organismos de los que forman parte.

Las personas han utilizado los productos y procesos existentes de las células durante miles de años, como cuando fermentan alimentos y crean cerveza, como aprendiste en la parte 1. Utilizamos estos productos y funciones existentes para satisfacer algunas de nuestras necesidades. Pero siempre hemos estado limitados por lo que el ADN de las células produce o hace de forma natural. Nosotros satisfacemos otras necesidades mediante procesos químicos.

Sin embargo, ahora tenemos un conjunto de herramientas fáciles de usar para editar el ADN. Mediante el uso de CRISPR u otras herramientas de biotecnología, podemos cambiar el ADN de las células para que tengan un conjunto de instrucciones diferentes o adicionales que les indiquen a las células que hagan cosas diferentes.

3. Con tu compañero, piensen en los tipos de materiales para cuya producción les gustaría que las células se modificaran. Por ejemplo:
  - a. Materiales que podrían reemplazar a aquellos que no son sostenibles
  - b. Materiales que actualmente son difíciles de encontrar o producir, o costosos
  - c. Materiales naturales que no se pueden extraer de la naturaleza o no se debe hacerlo





- Utiliza dibujos o palabras para registrar tus ideas y compartirlas con el resto de tu equipo.
- Lee *Biotransformación y diseño*.

### **Biotransformación y diseño**

Cuando una célula fabrica un material, a menudo hay varios pasos involucrados. El material A se transforma en material B, que se transforma en material C. Este proceso se denomina **biotransformación**.

La biotransformación a menudo utiliza enzimas para transformar un material en otro. Por ejemplo, en las plantas, en el proceso de biotransformación de la fotosíntesis, se utilizan ciertas enzimas para transformar el dióxido de carbono y el agua en azúcar.

Cuando los científicos desean usar un ser vivo para crear un material, necesitan diseñar el camino de biotransformación. Determinan los pasos para crear el material que desean y qué enzimas se necesitan. Cada enzima se codifica mediante un **gen** específico dentro del ADN. Los científicos pueden encontrar o incluso crear un gen para codificar cada enzima que necesitan e insertar ese gen en la célula que están utilizando.

- Ahora tendrás la oportunidad de convertirte en un bioingeniero y diseñar tu propio camino de biotransformación. Estos son algunos detalles:
  - Tu objetivo es crear ácido artemisínico. El ácido artemisínico se puede utilizar a fin de producir el mejor tratamiento que tenemos para la malaria. Se produce naturalmente en una planta, pero en cantidades muy pequeñas, por lo que es caro. Como bioingeniero, te gustaría que el ácido artemisínico fuera más fácil de producir para que sea más barato.
  - Para hacerlo, puedes insertar genes para diferentes enzimas en tu célula. Si la célula tiene todos los genes correctos para ciertas enzimas específicas, puede transformar una molécula llamada FPP en ácido artemisínico.
  - Ahora tienes FPP, el material A.
  - Deseas obtener ácido artemisínico, el material E.
  - Hay cuatro pasos intermedios.



- f. Utiliza la tabla de la figura 3-11 a fin de diseñar qué enzimas utilizarás para ir del material A (FPP) al material E (ácido artemisínico).
- g. Puedes utilizar cualquiera de las enzimas de tu biblioteca de enzimas en la figura 3-12, pero no necesitarás utilizarlas todas. Utiliza la figura 3-11 para completar qué enzimas y materiales debes utilizar, en qué orden.

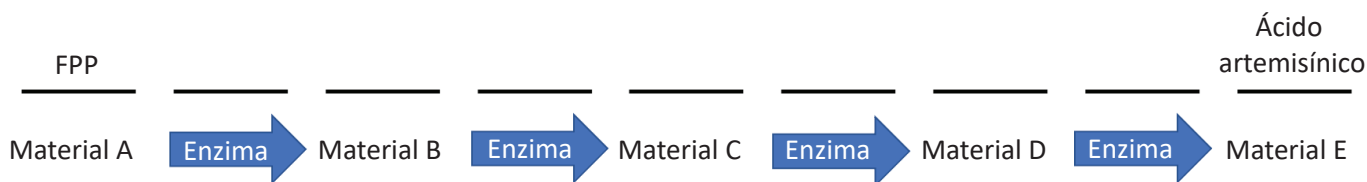


Figura 3-11: El camino de biotransformación desde la FPP hasta el ácido artemisínico.

Enzimas	Materiales	
	Toma (o convierte)	Entrega (o produce)
AaALDH1	Aldehído artemisínico	Ácido artemisínico
CYP71AV1	Amorfadieno	Alcohol artemisínico
CY3A4	HPTP	HPP+
ADS	FPP	Amorfadieno
Lactato deshidrogenasa	Piruvato	Lactato
AaADH1	Alcohol artemisínico	Aldehído artemisínico

Figura 3-12: Biblioteca de enzimas.

- 7. Compara tus respuestas con las de tus compañeros de equipo. ¿Todos diseñaron el mismo camino? Utiliza la figura 3-13 para revisar tus respuestas.

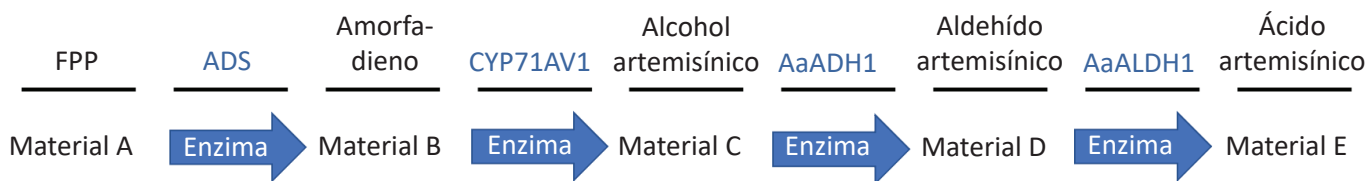
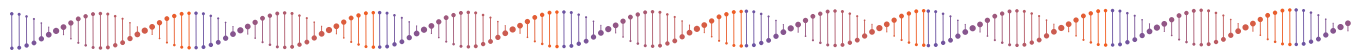


Figura 3-13: Corrige el camino de biotransformación desde la FPP hasta el ácido artemisínico.



8. En este momento, los científicos de todo el mundo están trabajando en el desarrollo de diferentes vías de biotransformación a fin de crear distintos productos. Muchos productos farmacéuticos, saborizantes, fragancias, nuevos bioplásticos y partes de productos de belleza ya se están produciendo de esta manera. ¿Cuál crees que será el siguiente paso?



**Comprender:** *¿Podríamos imprimir órganos usando células?*

Las células pueden producir cosas increíbles por sí solas. Sin embargo, en un organismo multicelular, como los seres humanos, las células no funcionan de forma aislada. Se agrupan junto con otras células del mismo tipo para formar **tejidos**, como tejidos musculares o nerviosos. Los diferentes tejidos se combinan para formar **órganos**, como el corazón, los pulmones, la piel y el hígado. Los órganos son más complejos y, generalmente, son muy importantes para el cuerpo.

1. Piensa para ti sobre los órganos que sabes que tienes. Las cosas que consideras “partes del cuerpo”, como el cerebro, los riñones y los pulmones, son los órganos.
  - a. ¿Por qué crees que cada órgano es importante?
  - b. ¿Cómo sería tu vida si uno de tus órganos estuviera dañado o destruido?
  - c. Si tu órgano falla o ya no funciona, en este momento, lo mejor es reemplazarlo. A partir de la década de 1950, los médicos han estado realizando **trasplantes**, es decir, sacando un órgano o parte de un órgano de una persona y colocándolo en otra persona. ¿Cuántos órganos crees que se trasplantaron en todo el mundo en el 2020? Comparte tu estimación con tu equipo.
2. Analiza con tu equipo: En el 2020, se realizaron 129 681 trasplantes en todo el mundo. Sin embargo, muchas personas necesitaron un trasplante que no pudieron recibir. ¿Qué se te ocurre que podría evitar que alguien reciba un trasplante?
3. Examina el cuadro de trasplantes de órganos en Estados Unidos en el 2021, que se muestra en la figura 3-14. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Qué problema notas?
  - b. ¿Se te ocurre algo que ayudaría a solucionar el problema?
  - c. ¿Qué preguntas tienes aún?



### ⚠ Consejo de seguridad emocional

Es posible que conozcas a alguien que está esperando un trasplante de órgano y pensar en todo el tiempo que puede tener que esperar puede alterarte. Si necesitas hacer una pausa o tomar un descanso, está bien.



Figura 3-14: Trasplantes necesarios y realizados en 2021 en Estados Unidos, según cada tipo de órgano<sup>1</sup>.

- ¿Cómo es la situación de los trasplantes en tu país? ¿Las personas tienen que esperar mucho tiempo antes de recibir un trasplante? ¿Tienen que viajar a otro lugar para recibir un trasplante? ¿Qué órgano se trasplanta con mayor frecuencia? Si deseas explorar más sobre los tipos de trasplantes o los tiempos de espera en tu país, puedes utilizar el *StoryMap de ¡Biotecnología!*
- Piensa para ti: Imagina que las personas que necesitan órganos no tuvieran que obtenerlos de otras personas. ¿Y si los órganos pudieran desarrollarse a partir de sus propias células? ¿Cómo crees que eso podría cambiar la situación que se muestra en la figura 3-14?
- Ahora, piensa para ti: Otro problema con los trasplantes es que el sistema inmunitario de tu cuerpo reacciona a las células de otras personas y, a veces, puede atacar a los órganos trasplantados. ¿Cómo cambiaría esta situación si se pudieran desarrollar órganos a partir de tus propias células?



7. Con tu equipo, utilicen un pizarrón, un papel u otra forma de registrar sus ideas.
  - a. Si fueran un equipo de científicos que intentan desarrollar órganos a partir de células, ¿qué tipo de desafíos creen que enfrentarían?
  - b. ¿Por qué crees que podría ser mejor utilizar el tejido del ser vivo para reemplazar órganos, en lugar de otro material, como metal o plástico?
8. Lee Cultivo de células.

### Cultivo de células

Antes de que puedas hacer que las células de los tejidos crezcan de formas específicas, como para formar un órgano, primero necesitas que crezcan.

A principios de la década de 1950, los científicos estaban trabajando arduamente para encontrar maneras de **cultivar** células humanas. Un cultivo celular significa hacer crecer células fuera del cuerpo en un laboratorio. El cultivo de células humanas conlleva muchos desafíos. Por lo general, el resto del cuerpo suministra los nutrientes, las moléculas y el oxígeno a las células humanas. Fue difícil reemplazar estas cosas y mantener las células humanas en crecimiento durante mucho tiempo fuera del cuerpo.

Los científicos estaban teniendo dificultades para mantener a las células humanas con vida, hasta que obtuvieron una muestra de células cancerígenas de Henrietta Lacks, una mujer afroamericana que vivía en Baltimore, en Estados Unidos. Los médicos recolectaron la muestra celular para diagnosticar a Henrietta, pero también enviaron parte de la muestra a un científico que intentaba cultivar células. Sin embargo, los médicos y los investigadores ni siquiera le pidieron permiso a Henrietta para cultivar sus células ni le dijeron que las usarían para una investigación.

Las células de Henrietta fueron útiles en el laboratorio. Siguieron viviendo y dividiéndose. Se convirtieron en la primera **estirpe celular** humana inmortal, conocida como células HeLa. Los científicos aún utilizan las células HeLa hoy en día, más de 70 años después de que las hayan tomado de Henrietta. Se utilizaron células HeLa en el desarrollo de muchos avances médicos, desde las vacunas antipoliomielíticas hasta la inseminación artificial. Las empresas han utilizado investigaciones llevadas a cabo con las células HeLa para crear productos y técnicas rentables. Sin embargo, el dinero que estas empresas generaron no se compartió con Henrietta o su familia. Puedes encontrar más información sobre Henrietta Lacks y su historia en el [StoryMap de ¡Biotecnología!](#)



### ⚠ Consejo de seguridad emocional

Puede que te sientas triste o enfadado porque tomaron las células de Henrietta Lacks sin su consentimiento. Está bien tener estos sentimientos. A veces, sentirte triste o enfadado puede ser una buena manera de notar cosas que piensas que son injustas y que deben cambiar.

Los científicos han descubierto mucho sobre el cultivo de células. Ahora, pueden cultivar células que se tomaron de tu propio cuerpo. Esto significa que un cultivo de tejidos de tu cuerpo podría utilizarse a fin de probar cosas específicas para ti. Por ejemplo, podrían probarse ciertos tratamientos en el cultivo de tus tejidos para ver cómo reaccionarían los tejidos de tu cuerpo. Debido a que cada persona es única, esto podría ayudar a emparejar el tratamiento correcto con la persona adecuada. También podría permitir que se analicen nuevos tratamientos en cultivos de tejidos en lugar de animales.



Figura 3-15: Matrices de cultivos de tejidos en un laboratorio.

Cultivar tejidos de tu cuerpo también es un paso importante cuando se utilizan esos tejidos para formar un órgano, si se necesita uno. Los científicos están comenzando a utilizar células de cultivos de tejidos en las **bioimpresiones en 3D**. Obtendrás más información al respecto en el siguiente experimento de modelación.



9. Uno de los métodos que los científicos están utilizando para fabricar tejidos ahora es la bioimpresión en 3D. Analiza con tu equipo:
- ¿Alguna vez has visto una impresora 3D? ¿Sabes cómo funciona?
  - La mayoría de las impresoras 3D colocan materiales, como plásticos, en capas delgadas, y construyen un artículo lentamente. ¿Cómo crees que esto podría funcionar con células?
10. Lee *Modelado de bioimpresiones en 3D* y sigue las instrucciones.

### **Modelado de bioimpresiones en 3D**

Los científicos siguen trabajando en cómo imprimir órganos en 3D. En esta actividad, utilizarás materiales que te ayudarán a comprender cómo podría funcionar este proceso.

#### **Materiales**

Chispas circulares (chispas de dulces circulares), cuscús, arena u otros gránulos pequeños y redondos: Estas representan las células que se imprimen para formar tejido. Las células se mezclan con la biotinta y pasan por la boquilla para crear el órgano bioimpreso en 3D. A menudo, las células provienen del propio paciente. En otras ocasiones, provienen de un donante. De cualquier manera, se cultivan algunas células recolectadas a fin de producir la gran cantidad necesaria para la impresión de tejidos.

Mantequilla de maní, pasta dental o un material tipo gel de consistencia similar: Este material representará la biotinta. La biotinta es un gel que contiene agua, polímeros y, a menudo, otros materiales para ayudar al objeto impreso a mantener su forma.

Bolsas de plástico o para sándwiches: Puedes utilizar cualquier bolsa de plástico más gruesa, pero una que se selle puede funcionar mejor. La punta de la bolsa representa la boquilla de una bioimpresora 3D. La boquilla es de donde sale la biotinta.

#### **Instrucciones**

- Dibuja una forma de riñón en un papel o en un plato de papel. La figura 3-16 tiene un ejemplo de la forma de un riñón. ¿Recuerdas la figura 3-14 y la necesidad de riñones para trasplantes? Vas a modelar lo que sería bioimprimir un riñón en 3D.
- Para preparar tus materiales, agrega tus células (gránulos redondos) a tu biotinta (material de gel).



- c. Carga tu mezcla de biotinta y células en la bolsa. Estás ejemplificando la carga de la biotinta que contiene las células en una bioimpresora 3D.
- d. Corta un orificio muy pequeño en una esquina de la bolsa para sándwiches. Solo debe tener unos pocos milímetros de ancho. Esto representa la boquilla de una bioimpresora 3D, por lo que solo una delgada corriente de biotinta debería poder salir.
- e. Planifica cómo crearás el riñón, teniendo en cuenta que las bioimpresoras 3D colocan la tinta capa por capa. Tal vez te resulte útil dibujar un boceto de las capas que piensas imprimir. En la figura 3-16, se muestra un ejemplo.



Figura 3-16: Modelo de muestra de la actividad de bioimpresión de un riñón en 3D.

- f. Utiliza tu bolsa para sándwiches cargada a fin de imprimir tu órgano. Recuerda trabajar en capas, de abajo arriba.

11. Analiza con un compañero:

- a. ¿Qué resultó bien cuando intentaron crear su modelo de riñón impreso en 3D?
- b. ¿Qué fue difícil acerca de los materiales que estaban utilizando?
- c. ¿Cuáles crees que serían los desafíos en el desarrollo de los materiales utilizados para la verdadera bioimpresión en 3D con células reales?
- d. ¿Cómo crear un riñón real con la impresión en 3D sería diferente de la actividad del modelado?





 **Consejo de seguridad emocional**

Los científicos están trabajando en cómo bioimprimir riñones y otros órganos en 3D, pero aún no han tenido éxito en este objetivo. Cada día, están aprendiendo más, pero si conoces a alguien que necesita un órgano nuevo, puede que te sientas impaciente por el progreso de este proceso científico. Está bien sentirse frustrado, enojado o triste. Haz una pausa y toma un descanso si lo necesitas.

12. Lee *Desafío de bioimpresión* y sigue las instrucciones.

**Desafío de bioimpresión**

**Prepárate**

Si lo deseas, puedes imprimir y recortar una copia de las tarjetas de órganos de la figura 3-17 y cuatro copias de las tarjetas de desafíos de la figura 3-18. O simplemente puedes examinar las tarjetas. Si no las imprimes, necesitarás una manera de registrar las puntuaciones de las tarjetas de desafíos.

**Instrucciones**

- a. Reúnanse en un círculo de hasta cuatro compañeros de equipo. Explorarán algunos de los otros desafíos que enfrentan los científicos cuando intentan utilizar bioimpresiones en 3D para crear órganos.
- b. Cada tarjeta de órganos describe tres tipos de desafíos:
  - Tipos de células: cuántos tipos de células diferentes forman parte del órgano
  - Estructura: qué tan grande o complejo es el órgano
  - Vasos sanguíneos: llevar y traer sangre del órgano para mantener todas las células vivas y sanas (las **arterias** llevan la sangre a un órgano, las **venas** la llevan fuera del órgano)
- c. Pídele a una persona que elija una tarjeta de órgano de la figura 3-17 o de la pila de tarjetas impresas. La tarjeta te dará un perfil de un órgano comúnmente trasplantado.



**Tarjeta de órgano: Riñón**



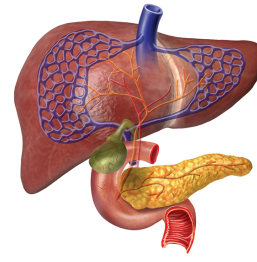
**Tipos de células:** Más de 20 tipos de células

**Estructura:** Entre 10 cm y 12 cm en adultos y contiene aproximadamente 1 millón de unidades de filtración

**Vasos sanguíneos:** Los riñones tienen arterias grandes que se ramifican en arterias más pequeñas. Contienen muchos vasos sanguíneos.

©Smithsonian Institution

**Tarjeta de órgano: Hígado**



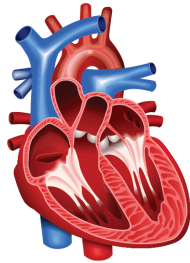
**Tipos de células:** 4 tipos de células

**Estructura:** Alrededor de 14 cm de diámetro, dividido en dos partes principales; cada parte contiene alrededor de 8000 áreas más pequeñas

**Vasos sanguíneos:** Una vena grande drena la sangre del hígado. No contiene muchos vasos sanguíneos pequeños.

©Smithsonian Institution

**Tarjeta de órgano: Corazón**



**Tipos de células:** 4 tipos de células principales

**Estructura:** Alrededor del tamaño de un puño, dividido en cuatro cámaras; cada cámara está rodeada por una pared de tejido muscular

**Vasos sanguíneos:** La sangre se bombea a través de cada una de las cuatro cámaras, así como a través de arterias y venas ramificadas.

©Smithsonian Institution

**Tarjeta de órgano: Pulmón**



**Tipos de células:** Más de 40 tipos de células

**Estructura:** La entrada principal se divide en dos áreas, cada una de las cuales se divide muchas veces en secciones pequeñas

**Vasos sanguíneos:** Los pulmones están cubiertos con arterias y venas que se ramifican en muchos vasos sanguíneos más pequeños.

©Smithsonian Institution

Figura 3-17: Tarjetas de órganos.



d. Completa una tarjeta de desafío según la información de la tarjeta de órgano. Para cada categoría, asigna un puntaje de dificultad de 1 (no es un desafío difícil para este órgano) a 5 (es un desafío muy difícil para este órgano). Suma los tres puntajes para obtener el puntaje general de dificultad.

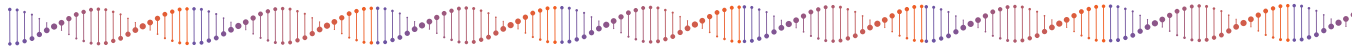
Tarjeta de desafío para:	Puntaje de dificultad
<b>Complejidad celular:</b> <i>¿Este órgano contiene muchos tipos diferentes de células?</i>	_____
<b>Complejidad estructural:</b> <i>¿La estructura del órgano es compleja? ¿Es grande?</i>	_____
<b>Vasos sanguíneos:</b> <i>¿Es necesario imprimir muchos vasos sanguíneos?</i>	_____
<hr/> Dificultad general (suma los puntajes de dificultad):	

©Smithsonian Institution

Figura 3-18: Tarjeta de Desafío.

- e. Repite el procedimiento para los tres órganos restantes. Cuando hayas evaluado los cuatro, clasifícalos de más a menos difícil, según los puntajes de dificultad generales que asignaste en tus tarjetas de desafío.
- f. Debate la siguiente pregunta con tu grupo: ¿Hubo desafíos que no esperaban?
- g. Los científicos están trabajando para crear órganos bioimpresos. ¿Cuál crees que será el mayor desafío?
- h. ¿Crees que algún día los órganos impresos en 3D serán comunes?





## **Actuar:** ¿Cuándo crees que se deberían utilizar las células para crear materiales?

Ha habido grandes avances durante la última década en el uso de células de diferentes maneras. Las compañías están usando ahora células para producir productos farmacéuticos, productos de belleza, saborizantes, plástico biodegradable y otros materiales. Actualmente, los científicos pueden imprimir piel, huesos, vasos sanguíneos, **córneas** (la capa más externa del ojo), orejas y otros cartílagos, e incluso versiones semifuncionales y en miniatura de los órganos (incluidos corazones, riñones e hígados).

La tecnología está avanzando rápidamente. Sin embargo, en esta actividad, tu trabajo es ir más lento y pensar en cualquier preocupación que tú u otras personas de tu comunidad puedan tener sobre el uso de cualquiera de estas tecnologías. Puedes utilizar esta información para ayudar a tu comunidad a pensar en estas nuevas tecnologías.

1. Toma tu Lista de preocupaciones éticas de la parte 1.
2. Considera lo que aprendiste sobre el uso de células de diferentes maneras durante las actividades Descubrir y Comprender. Gracias a los avances recientes en la biotecnología, ciertas cosas que eran imposibles en el pasado pueden ser posibles o casi posibles ahora. El simple hecho de que las cosas se puedan hacer no significa que haya que hacerlas. ¿El uso de biotransformación, cultivo de células o bioimpresiones te genera alguna preocupación ética?
3. Lee las Instrucciones de los cinco porqué.

### **Instrucciones de los cinco porqué**

- Divídanse en parejas.
- Siéntate mirando a tu compañero.
- Lee una de las preguntas del paso 4 y pídele a un compañero que responda cómo se siente al respecto.
- El otro compañero debe preguntarle por qué.
- El primer compañero debe responder con la razón por la que se siente de esta manera.
- Luego, el otro compañero debe preguntar el porqué de su explicación.
- Repetir hasta que el otro compañero haya preguntado “por qué” cinco veces.



4. Utiliza estas indicaciones para tu ejercicio de los cinco porqué. Para empezar, pídele a un compañero que comparta su opinión sobre las siguientes situaciones y haz que el otro compañero pregunte por qué.
  - a. Los tejidos extraídos de animales, como vacas, cerdos y gallinas, se pueden cultivar, al igual que los cultivos de tejidos sobre los que aprendiste en la actividad Comprender. La carne obtenida a partir de estos cultivos de tejido está compuesta por el mismo tipo de células que la carne del animal, pero se cultiva en un laboratorio.
  - b. Las células utilizadas para crear productos, como aquellos sobre los que aprendiste en la actividad Descubrir, no tienen que ser solo organismos unicelulares, como levaduras o bacterias. Por ejemplo, se pueden modificar plantas para fabricar medicamentos específicos. Se puede cultivar plantas en grandes cantidades en granjas y, luego, extraer el producto objetivo.
  - c. Un científico decidió cambiar el ADN en las células humanas. Antes del nacimiento, se modificó el ADN humano para crear una persona más resistente a las enfermedades. Teóricamente, las modificaciones en el ADN podrían crear personas más fuertes, rápidas, inteligentes o con cualquiera de numerosos **rasgos**.
  - d. Es importante producir materiales que sean más sostenibles, pero las personas también podrían tener que cambiar al consumo de menos materiales en general. Algunas personas se preocupan de que, si los materiales más sostenibles se vuelven comunes, las personas no tendrán la motivación de cambiar cuánto consumen.
5. ¿Recuerdas tu *Panel de tendencias del futuro* de la parte 1? Agrega a este información sobre el uso de células para crear cosas en el futuro, o crea un nuevo panel de tendencias para esa información.
  - a. ¿Cuáles son algunas cosas increíbles que esperas que sucedan?
  - b. ¿Cuáles son algunas cosas que te preocupan?
6. Elige una cosa que consideres emocionante o preocupante. Cuéntale a otra persona sobre ella. ¿Esa persona comparte tu perspectiva? Ten una conversación respetuosa en la que lo animes a considerar por qué piensa de la manera en que lo hace. ¿Qué espera que suceda con las células y la biotecnología en el futuro?



# ¡Felicitaciones!

## Terminaste la parte 3.

***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN sintético:** ADN completamente nuevo que no existe de forma natural y que ha sido creado por seres humanos

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Arterias:** Vasos sanguíneos que transportan la sangre a un órgano

**Asequible:** Económico

**Biodegradable:** Que se puede descomponer relativamente rápido en un ambiente natural

**Bioimpresiones en 3D:** Utilizar una impresora para colocar células y otras sustancias relacionadas en capas a fin de formar un tejido

**Bioplástico:** Sustancia hecha de polímeros provenientes de materiales orgánicos, a diferencia de los materiales plásticos regulares, que generalmente están hechos de combustibles fósiles

**Biotecnología:** El uso de la biología, los procesos y los materiales naturales para resolver problemas y crear tecnología

**Biotransformación:** El uso de sustancias naturales que incluyen enzimas para acelerar una reacción química deseada

**Compostable:** Capaz de ser descompuesto de manera fácil y relativamente rápida por seres vivos, como bacterias, hongos y gusanos en el suelo



**Consenso:** Un acuerdo equilibrado que todos aprueban

**Córnea:** La capa más externa del ojo

**CRISPR:** Una herramienta de biotecnología que corta el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases

**Cultura:** El proceso de incubar o cultivar microorganismos en el laboratorio; estos pueden ser microorganismos, como bacterias, o células humanas, vegetales o animales

**De bajos recursos:** Hecho sin necesidad de una gran cantidad de energía, agua ni otros recursos naturales

**De base biológica:** Compuesto por materiales de un ser vivo, como una planta, un hongo o una bacteria

**Duradero:** Que se puede reutilizar muchas veces o sus materiales se pueden reciclar con facilidad

**Económico:** Relativo al dinero, los ingresos y el uso del capital.

**Enzimas:** Una proteína que ayuda a acelerar el proceso de una reacción química; una enzima se puede utilizar una y otra vez, y nunca se agota

**Estirpe celular:** Una población de células que se pueden cultivar y que es uniforme en su funcionalidad y apariencia

**Ético:** Justicia de algo.

**Extraer:** Sacar una parte de una cosa más grande





**Gases de efecto invernadero:** gases como el dióxido de carbono o el metano que hacen que la atmósfera se caliente

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Limpio:** Que aporta cantidades mínimas de gases de efecto invernadero u otros tipos de contaminación al medioambiente natural

**Material:** Cualquier sustancia que compone un objeto

**Medioambiental:** Relativo al mundo natural.

**Microorganismos:** Seres vivos que son demasiado pequeños para verlos sin un microscopio

**Órganos:** Los órganos, compuestos por tejidos, realizan una función en particular; por ejemplo, el corazón bombea sangre oxigenada al resto del cuerpo

**Polímero:** Un compuesto químico hecho de bloques moleculares que se repiten, llamados monómeros

Rasgos: Características

**Refinar:** Calentar y destilar una sustancia, como el petróleo crudo, para separarla en partes más puras

**Renovable:** que se puede reponer fácilmente

**Social:** Relativo a la interacción de las personas en una comunidad



**Sostenible:** La capacidad de conservar los recursos naturales sin generar un impacto negativo en el medioambiente

**Tejidos:** Un grupo de células con estructura y función similares que conforman una subunidad más grande

**Trasplantes:** La transferencia de un órgano sano de una persona a otra persona cuyo órgano no funciona o está dañado

**Venas:** Vasos sanguíneos que transportan la sangre desde un órgano

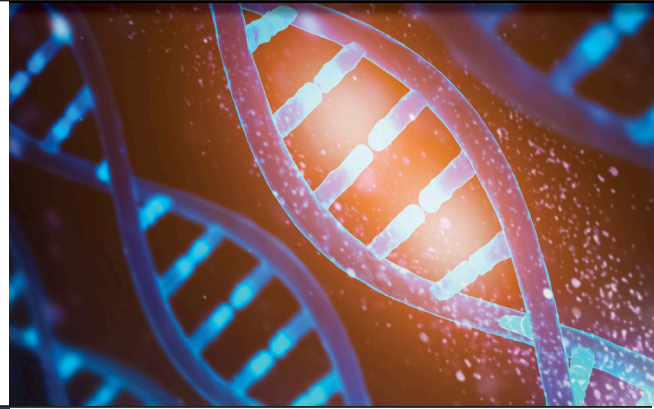


## Nota final

1. Administración de servicios y recursos de salud. 2022. *Figura 1: Pacientes en la lista de espera en comparación con trasplantes realizados de cada órgano (2021)*. Datos recopilados en febrero del 2022. Obtenido de <https://www.organdonor.gov/learn/organ-donation-statistics/detailed-description#fig1>.



# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 4: Biotecnología y salud humana

**SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

### **Aviso de derechos de autor**

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

### **Aviso de derechos de autor**

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 4. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios, Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos: Heidi Gibson

Pasante contribuyente  
Pamela Divack

Mentores de investigación  
Dra. Nicole K. Paulk  
Dr. Filippo Pinto e Vairo

Revisores técnicos  
Dr. Guilherme Baldo

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

### **Crédito de las imágenes**

Portada: Jezperklauzen/iStock/Getty Images Plus

Figura 4-1: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 4-2: Geobacillus/iStock/Getty Images Plus

Figura 4-3: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 4-4: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 4-5: domin\_domin/E+/Getty Images Plus



## PARTE 4: BIOTECNOLOGÍA Y SALUD HUMANA

Planificador	133
<b>Tarea 1:</b> ¿Cómo podemos diagnosticar enfermedades usando la biotecnología?	134
<b>Descubrir:</b> ¿Qué sé sobre el diagnóstico de enfermedades?	135
<b>Comprender:</b> ¿Cómo puede la biotecnología determinar las causas específicas de una enfermedad?	141
<b>Actuar:</b> ¿Cómo podemos utilizar esta información de manera ética y sabia?	145
<b>Tarea 2:</b> ¿Cómo podemos corregir enfermedades genéticas mediante la biotecnología?	149
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo podemos tratar las enfermedades genéticas?	150
<b>Comprender:</b> ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a proporcionar tratamientos específicos?	154
<b>Actuar:</b> ¿Cómo podemos utilizar la terapia génica éticamente para resolver problemas médicos?	160
Glosario	162
Nota final	165

### **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 1: ¿Cómo podemos diagnosticar enfermedades usando la biotecnología?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora lo que sabes sobre el diagnóstico de enfermedades y cómo se relaciona esto con las variantes genéticas.			20 minutos	135
<b>Comprender</b>	Determina qué enfermedad causa los síntomas del paciente e identifica la variante genética. Considera los riesgos de enfermedades genéticas relacionadas con la ascendencia.			30 minutos	141
<b>Actuar</b>	Asume el rol de asesor genético y comparte con otros consideraciones éticas y personales relacionadas con las pruebas genéticas.		<i>Lista de preocupaciones éticas</i> (parte 1)	20 minutos	145
<b>Tarea 2: ¿Cómo podemos corregir enfermedades genéticas usando la biotecnología?</b>					
<b>Descubrir</b>	Considera lo que sabes sobre el tratamiento de enfermedades. Utiliza una analogía para explorar las etapas del diagnóstico, el diseño y la administración de la terapia génica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel o pizarrón de la clase</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		20 minutos	150
<b>Comprender</b>	Modela las opciones de terapia génica e investigar los estudios clínicos de terapia génica en curso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		30 minutos	154
<b>Actuar</b>	Desarrolla un plan de comunicación para compartir más sobre el diagnóstico, el diseño y la administración de la terapia genética con tu comunidad.		<i>Panel de tendencias del futuro</i> (Parte 1)  <i>Lista de preocupaciones éticas</i> (parte 1)	20 minutos + tiempo de acción	160



## Tarea 1: ¿Cómo podemos diagnosticar enfermedades usando la biotecnología?

Conocer la causa de un problema médico puede ser un paso importante para averiguar cómo tratarlo o curarlo. En esta tarea, **descubrirás** más acerca de la forma en que se utiliza la **biotecnología** para ayudar a **diagnosticar** o identificar una enfermedad. **Comprenderás** cómo funciona el diagnóstico de enfermedades modelando cómo se pueden detectar las enfermedades con datos genéticos. Por último, **actuarás** a partir de esta información y considerarás cuándo se deben diagnosticar enfermedades genéticas.

### *Conoce a tu mentor de investigación*



Conoce al Dr. Filippo Pinto e Vairo. Filippo (pronunciado FI-li-po) es uno de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan utilizar la biotecnología para mejorar la salud humana y crear un futuro más saludable. Como investigador de acción, también estás tratando de mejorar la salud en el futuro. Filippo será tu mentor de investigación para ayudarte a entender mejor el rol que la biotecnología puede desempeñar en el diagnóstico de enfermedades.

Filippo es genetista clínico y profesor asociado en la Mayo Clinic, en Minnesota, Estados Unidos. Tiene un magíster en ciencias médicas y un doctorado en genética y biología molecular, y completó una beca de investigación posdoctoral en medicina individualizada, así como una especialización en ciencia de datos. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que Filippo ahora trabaja contigo, es importante que lo conozcas.

Para eso, Filippo completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Filippo incluye la siguiente información:

- Médico durante 15 años, genetista durante 12 años
- Gran fanático de los deportes (de cualquier tipo)
- Disfruta caminar, le encanta viajar
- Vive en Rochester, Minnesota, EE. UU.
- Nació en el norte de Brasil, pero vivió durante 30 años en el sur de Brasil
- 39 años
- Es hombre y usa los pronombres él/el



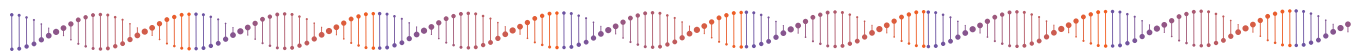


- Cabello negro (“cuando tenía cabello”), ojos negros, altura promedio
- Optimista, de buen temperamento, curioso
- Habla portugués, inglés, un poco de español y francés
- Interesado en la medicina genómica y traslacional
- Objetivo de vida: ayudar a diagnosticar a personas con enfermedades no diagnosticadas con tecnologías de vanguardia
- Padre de una hija maravillosa y única
- Hijo de un médico y una abogada

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Filippo.

- ¿Tienes algo en común con Filippo?
- ¿En qué te diferencias de Filippo?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Filippo, además de sus títulos universitarios, que lo ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre la salud humana?

En esta tarea, notarás que Filippo comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar, o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** *¿Qué sé sobre el diagnóstico de enfermedades?*

Es posible que pienses que el diagnóstico de enfermedades es algo que solo hacen los médicos, pero en realidad muchos de nosotros diagnosticamos enfermedades comunes todo el tiempo. En esta parte, hablaremos sobre dos tipos diferentes de enfermedades.

Un tipo es una **enfermedad infecciosa**, lo que significa que te contagias de otra persona o cosa. Los virus y las bacterias son dos tipos comunes de microorganismos que pueden causar enfermedades infecciosas. Por ejemplo, cuando alguien infectado con un virus tose, a veces, la tos empuja pequeños pedazos de virus fuera de su cuerpo y entran al aire, y alguien más puede infectarse si respira esos pequeños pedazos.

Otro tipo de enfermedad es la **enfermedad genética**. La enfermedad genética se produce cuando una **variación** dentro del **genoma** de una persona causa la enfermedad.



No puedes contagiarte una enfermedad genética. A veces, naces con la variación genética que causa la enfermedad, o la **heredas**. Un ejemplo de una enfermedad genética hereditaria es la anemia falciforme. A veces, **adquieres** o desarrollas la variación genética con el tiempo, a medida que creces y tus células se dividen. El cáncer es un ejemplo de un tipo adquirido de enfermedad genética.

1. Imagina que tú y tus amigos comparten una comida. No mucho después, todos los que comieron juntos comienzan a sentirse enfermos y empiezan a vomitar. ¿Se te ocurre qué podría haber causado la enfermedad? Si es así, ¡felicitaciones! Acabas de hacer un posible diagnóstico. Es muy probable que todos comieran algunos alimentos que tenían un microorganismo perjudicial del que su cuerpo quería deshacerse, por lo que comenzaron a vomitar. Este un ejemplo de una enfermedad infecciosa.
2. Ahora piensa en otra enfermedad infecciosa, el COVID-19. Comparte con tu equipo lo que sabes acerca de los **síntomas** o signos de que alguien podría estar enfermo de COVID-19. ¿Con qué síntomas de COVID-19 estás familiarizado?
3. Muchos de los síntomas comunes del COVID-19 también pueden ser causados por otras enfermedades infecciosas. Por ejemplo, muchas enfermedades infecciosas causan secreciones nasales, tos y fiebre. Debate con tu equipo sobre cómo puedes averiguar con certeza si alguien con estos síntomas tiene COVID-19 u otra enfermedad.
4. Después de analizar cómo diagnosticar a una persona con síntomas de COVID-19, lee *Pruebas de detección de COVID*.

### *Pruebas de detección del COVID*

Existen dos tipos comunes de pruebas para diagnosticar a una persona con COVID-19.

Uno se denomina prueba de **antígenos**. La prueba de antígenos a menudo se realiza en casa. A veces, se denomina prueba rápida, porque puede dar resultados en aproximadamente 15 minutos. El virus del COVID-19 tiene antígenos o proteínas específicos que son exclusivos del virus. La prueba de antígenos del COVID-19 contiene una sustancia que reacciona cuando el antígeno está presente. Por lo tanto, si hay suficiente virus en tu cuerpo, reacciona con la sustancia en la prueba y, a menudo, marca la presencia del antígeno cambiando de color. En la figura 4-1, se muestra un ejemplo.



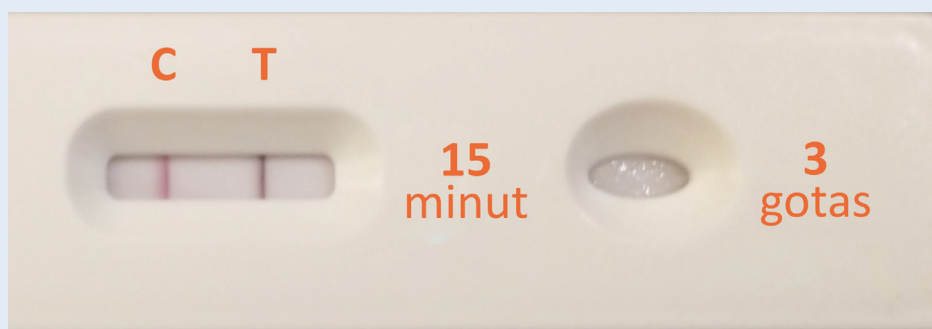


Figura 4-1: Esta es una prueba de antígenos de COVID-19 positiva. Una línea en C (control) muestra que la prueba está funcionando. Una línea en T (prueba, del inglés "test") muestra que la prueba es positiva y que el antígeno proteico del COVID-19 está presente.

La otra prueba común de COVID-19 se denomina **PCR**. La PCR es una técnica de biotecnología que crea muchas copias del material genético existente. La técnica de PCR se puede utilizar de muchas maneras. En el caso de la prueba PCR de COVID-19, si los materiales genéticos virales del COVID-19 están presentes, el PCR crea muchas copias, por lo que son fáciles de detectar.

#### ⚠ Consejo de seguridad emocional

La pandemia de COVID-19 ha afectado la salud y la vida de las personas. Es posible que te hayas enfermado o que hayas tenido amigos o familiares que se enfermaron o murieron por el COVID-19. Pensar en esto puede alterarte. Si necesitas hacer una pausa y tomar un descanso, está bien.

5. ¿Tú o alguien que conoces alguna vez se ha sometido a pruebas de detección de COVID-19? Si te sientes cómodo haciéndolo, comparte esa experiencia con tus compañeros de equipo.
  - a. ¿Qué tipo de prueba crees que se utilizó?
  - b. ¿Fue útil tener los resultados de la prueba? ¿Por qué?
  - c. ¿Alguna vez has conocido a alguien que tuvo problemas para diagnosticar su enfermedad?



**Filippo dice lo siguiente: . . .**

El diagnóstico es muy importante. Por ejemplo, si un recién nacido está muy enfermo, podría ser una infección. Pero también podría ser una enfermedad genética. Y si puedes diagnosticar a este niño, puedes ofrecerle el tratamiento adecuado, el medicamento adecuado, la dieta correcta. Puedes salvar vidas, y lo estamos haciendo. Cuando secuencias el genoma de un recién nacido que está enfermo en la unidad de cuidados intensivos, encuentras una respuesta genética del 50 % al 60 % de las veces.

6. Lee *Variación genética y enfermedades*.**Variación genética y enfermedades**

Como leíste anteriormente, las enfermedades infecciosas, como el COVID-19, son solo un tipo de enfermedad. Otro tipo es la enfermedad genética. Cuando las células crecen y se dividen, el **ADN** de las células se copia. Durante este proceso de copia, existe la posibilidad de que haya errores. Estos errores pueden eliminar, insertar o cambiar una porción de ADN. Estos errores, a veces, se denominan **mutaciones**. Estas mutaciones crean **variantes** genéticas o **genes** con una o más diferencias con respecto al original.

Tú heredas algunas variantes genéticas de tus padres cuando naces. También continúas adquiriendo variantes genéticas durante tu vida a medida que se copia el ADN cuando se dividen las células. Otros factores también pueden causar mutaciones y variantes genéticas, como la exposición al tabaco, ciertas sustancias químicas, la radiación, la luz ultravioleta y determinados virus.

No todas las mutaciones son perjudiciales; muchas no tienen ningún efecto. Tu cuerpo tiene muchas formas de identificar y eliminar células que tienen mutaciones perjudiciales.

Sin embargo, a veces, las personas heredan ADN que tiene variantes perjudiciales. A menudo, esto es más importante en algunas células que en otras. Por ejemplo, en la enfermedad genética fibrosis quística, la variante genética está en todas las células de la persona, pero es particularmente dañina en las células de los pulmones y los intestinos.



Las personas también adquieren variantes dañinas. Si el cuerpo no identifica y elimina una célula que tiene variantes dañinas, se puede continuar dividiendo. Esto significa que todas las células que provienen de esas divisiones celulares casi siempre tendrán las variantes dañinas. Este crecimiento no controlado de células con variantes dañinas se denomina cáncer. Los cánceres, generalmente, comienzan en una zona del cuerpo, como el hígado, el cerebro o el estómago.

### Consejo de seguridad emocional

Tú o alguien que quieres pueden sufrir de una enfermedad genética hereditaria o adquirida. Esta no es tu culpa ni la culpa de la otra persona. Está bien sentir tristeza, frustración o angustia. Si necesitas hacer una pausa y tomar un descanso, está bien.

### *Filippo dice lo siguiente: . . .*



No existe un genoma normal. Todos tienen variantes genéticas en comparación con un denominado **genoma de referencia**. Soy diferente de ti en parte porque tenemos variantes genéticas. Lo que los médicos e investigadores hacen es averiguar si existen variantes genéticas específicas que están causando los síntomas del paciente.

7. Ahora, con un compañero, piensa sobre las enfermedades genéticas. A menudo, estas enfermedades son causadas por solo una pequeña variación en la secuencia de pares de bases del ADN de un gen. Por ejemplo, si una base A cambia a una base C, esta variación puede crear problemas en la construcción de la proteína para la cual el gen normalmente codifica. ¿Cómo podrías diagnosticar esta enfermedad? Considera las herramientas de biotecnología sobre las que aprendiste aquí y en la parte 1 (se enumeran a continuación). Elige la herramienta o las herramientas que crees que podrían ser útiles para diagnosticar una enfermedad genética hereditaria. Explícale a tu compañero cómo crees que podría funcionar.
- Secuenciación del genoma**, una herramienta que te permite averiguar el orden de todas las **bases** de ADN en la célula
  - CRISPR**, una herramienta que te permite cambiar partes específicas de una secuencia de ADN en una célula



- c. Prueba de antígenos, una herramienta que reacciona a proteínas específicas
- d. Prueba de PCR, una herramienta que hace muchas copias de una parte específica del ADN



Figura 4-2: Un resultado de secuenciación de un genoma.

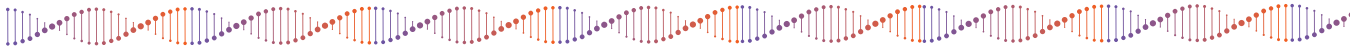
8. Una forma común de diagnosticar enfermedades genéticas es por medio de la secuenciación del genoma. Existen ciertas variaciones genéticas que se sabe que están vinculadas a enfermedades genéticas. Si presentas una de estas variaciones y tienes los síntomas de la enfermedad, es probable que la variación genética sea la causa de la enfermedad. Como aprendiste en la parte 1, la secuenciación del genoma es cada vez más económica. Debate las siguientes preguntas con tus compañeros de equipo:
- a. ¿Cuáles son las ventajas de tener una secuenciación del genoma asequible y disponible?
  - b. ¿Hay alguna desventaja?

### ***Filippo dice lo siguiente: . . .***



Muchos pacientes han estado buscando un diagnóstico durante mucho tiempo. Incluso cuando les das noticias que no son buenas, puede ser útil. Pueden obtener una sensación de cierre. Pueden comenzar a encontrar otros pacientes similares y pensar en sus opciones. Cuando no tienes un diagnóstico, es difícil tomar cualquier decisión.





## **Comprender:** ¿Cómo puede la biotecnología determinar las causas específicas de una enfermedad?

La secuenciación del genoma puede ayudar a los investigadores médicos a averiguar más acerca de si una enfermedad genética está causando síntomas específicos. Aunque todos nacen con docenas a cientos de nuevas variantes, muchas de estas variantes no crean problemas. Sin embargo, algunas variantes específicas de genes humanos ya se han identificado como las que a menudo provocan enfermedades. La dificultad es determinar qué variantes pueden estar causando los síntomas de una enfermedad genética.

1. Los médicos e investigadores médicos son como detectives de las enfermedades. Están tratando de trabajar de manera retrospectiva desde los síntomas hasta la causa de una enfermedad. A veces, pueden hacer esto observando cosas que las personas con síntomas específicos tienen en común. Una de las cosas que las personas pueden tener en común es la misma variante genética.
2. Lee y sigue las *Instrucciones de detective de enfermedades* para que tú mismo te conviertas en un detective de las enfermedades.

### **Instrucciones de detective de enfermedades**

Estos son los pasos que siguen los médicos y los investigadores médicos cuando intentan encontrar la causa de una enfermedad.

- a. **Examinar los síntomas:** Cuando se busca una causa genética de una enfermedad, lo primero que los investigadores suelen examinar son los síntomas de una persona. Si otros tienen síntomas similares y se conoce una causa genética, esa causa genética podría ser lo primero que se investiga.
- b. **Decidir qué parte del genoma secuenciar:** Si se sospecha que una variación genética específica es la causa de la enfermedad, a veces, solo se secuencian un gen. Sin embargo, a medida que la secuenciación genética se vuelve más asequible, los investigadores suelen secuenciar el genoma completo de una persona.
- c. **Analizar el genoma:** Los investigadores han creado algo llamado genoma de referencia utilizando las secuencias de ADN más comunes que han obtenido. Utilizan computadoras para comparar las secuencias de ADN del paciente con las secuencias del genoma de referencia. Analizan grandes cantidades de datos para identificar variantes. Las variantes pueden deberse a varias causas.



- **Eliminación:** Una variante puede tener uno o más pares de bases eliminados. Por ejemplo, si la secuencia de referencia es ACTAGAG, pero el paciente tiene la secuencia AAGAG, los pares de bases CT se eliminaron.
- **Inserción:** Una variante puede tener uno o más pares de bases **insertados** o agregados. Por ejemplo, si la secuencia de referencia es ACTAGAG y el paciente tiene la secuencia ATCTAGAG, el par de bases T se insertó justo después de la primera A.
- **Sustitución:** Una variante puede tener uno o más pares de bases sustituidos. Por ejemplo, si la secuencia de referencia es ACTAGAG y el paciente tiene la secuencia CCTAGAG, el par de bases C se sustituyó por el primer par de bases A.

d. **Asociar la variante con la enfermedad:** Si otras personas de la población tienen la misma variante y los mismos síntomas, es una buena pista de que la variante puede estar causando la enfermedad.

3. Ahora tú mismo puedes intentar ser un detective de las enfermedades si sigues los mismos pasos.

 **Consejo de seguridad emocional**

Ha habido muchos avances en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades genéticas, pero aun así, si conoces a alguien con alguna de estas enfermedades, puedes sentir preocupación por esa persona. Incluso si no conoces a alguien personalmente, aprender acerca de las enfermedades puede ser difícil y aterrador. Está bien hacer una pausa y tomar un descanso si es necesario.

4. Examina los síntomas: Utiliza las pistas en los siguientes pasos como ayuda para identificar la causa de los síntomas del paciente.
  - a. Síntomas del paciente A: tos persistente, infecciones respiratorias frecuentes, sibilancia, piel salada
5. Decide qué parte del genoma secuenciar: En la figura 4-3, se muestran cuatro enfermedades genéticas comunes y los genes que se han vinculado con esas enfermedades. ¿Qué gen crees que deberías secuenciar para el paciente A?





<p><b>Enfermedad de Tay-Sachs</b>  <b>Síntomas:</b> debilidad, dificultad para tragar, pérdida de la audición o visión  <b>Gen vinculado:</b> <i>HEXA</i> (hexosaminidasa A)</p>	<p><b>Anemia falciforme</b>  <b>Síntomas:</b> anemia (falta de glóbulos rojos), períodos de dolor, hinchazón de manos y pies, atraso del crecimiento  <b>Gen vinculado:</b> <i>HBB</i> (hemoglobina subunidad beta)</p>
<p><b>Fibrosis quística</b>  <b>Síntomas:</b> tos frecuente e infecciones pulmonares, falta de aliento y sibilancia, crecimiento deficiente, piel salada  <b>Gen vinculado:</b> <i>CFTR</i> (regulador de la conductancia transmembrana de la fibrosis quística)</p>	<p><b>Hemocromatosis</b>  <b>Síntomas:</b> sensación de cansancio, dolor en las articulaciones, oscurecimiento de la piel  <b>Gen vinculado:</b> <i>HFE</i> (regulador de la homeostasis del hierro)</p>

Figura 4-3: Síntomas y genes vinculados de cuatro enfermedades genéticas.

6. Analiza el genoma: Supongamos que decidiste secuenciar el gen *CFTR*, que está vinculado con la fibrosis quística. El gen *CFTR* tiene casi 200 000 pares de bases. Una computadora te da otra pista e identifica un lugar en el gen *CFTR* del paciente A que es variante, lo que significa que es diferente de la secuencia de referencia.
- ¿Puedes encontrar la variante en el paciente A? Recuerda, la variante podría ser una eliminación, inserción o sustitución de uno o más pares de bases.  
 Secuencia parcial de *CFTR* de referencia: AAAATATCATCTTTGGTGTTT  
 Secuencia parcial de *CFTR* del paciente A: AAAATATCATTGGTGTTT
7. Empareja la variante con la enfermedad: El gen *CFTR* codifica la proteína *CFTR*, que suele ser parte de la membrana celular. La proteína *CFTR* ayuda a mantener el equilibrio entre la sal y el agua dentro y fuera de las células. Hay muchas variantes que pueden ocasionar un problema con la proteína *CFTR*, y esas variantes pueden causar fibrosis quística. En la figura 4-4, se muestran tres variantes comunes de *CFTR*.
- ¿Qué variante crees que tiene el paciente A?
  - ¿Diagnosticarías al paciente A con fibrosis quística?



Nombre de la variante CFTR	Descripción de la variante CFTR
P.Phe508del	Esta variante es la eliminación de tres pares de bases (CTT), lo que da como resultado que una proteína no contenga un aminoácido. Esta proteína no se pliega correctamente y no se puede utilizar.
P.Gly542*	Esta variante es causada por una sustitución de una G por una T. Esta sustitución evita que la proteína agregue los aminoácidos restantes, y la proteína no se puede utilizar.
p.Asn1303Lys	Esta variante es causada por la sustitución de una C por una G. Esto cambia el aminoácido asparagina por el aminoácido lisina. Esto evita que la proteína funcione correctamente.

Figura 4-4: Tres variantes comunes de CFTR y sus efectos en el cuerpo<sup>1</sup>.

8. Lee *Diagnóstico del paciente A* para averiguar si diagnosticaste al paciente A correctamente.

### **Diagnóstico del paciente A**

Si pensaste que los síntomas del paciente A coinciden con los síntomas de la fibrosis quística y, por lo tanto, deberías realizar una prueba del gen CFTR, estás en lo correcto.

La secuencia de referencia tiene tres pares de bases (en negrita) que se eliminaron en el gen CFTR del paciente A: AAAATATCAT**CTTTGGT**GTTTGG.

El nombre científico de esta variante es P.Phe508del y es la causa más común de fibrosis quística a nivel mundial. Una vez que se identifica la variante, los científicos pueden comenzar a pensar en cómo solucionar el problema genético. Aprenderás más sobre esto en la tarea 2.

Debido a que la fibrosis quística es una enfermedad hereditaria, ciertas variantes pueden ser más o menos comunes entre las diferentes poblaciones. Por ejemplo, en muchas partes de Europa, más del 70 % de los pacientes con fibrosis quística tienen la variante P.Phe 508del. Sin embargo, en Turquía, solamente alrededor del 20 % de los pacientes con fibrosis quística tienen esta variante. La **herencia** genética de tus padres biológicos, abuelos, etc., se denomina **ascendencia**. Tu ascendencia es importante cuando consideras las enfermedades genéticas.

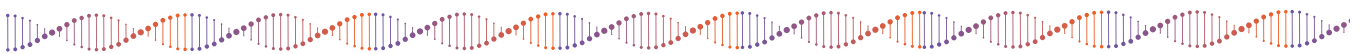


9. La mayoría de las secuencias de referencia se construyeron mediante la recopilación de ADN de personas con ascendencia europea y la búsqueda de sus secuencias de pares de bases más comunes. Analiza con tu equipo:
- ¿Por qué eso podría ser un problema para identificar si una variante está causando una enfermedad si el paciente no tiene ascendencia europea?
  - ¿Cómo reunir secuencias de referencia de personas de otras razas podría ayudar a los científicos a diagnosticar mejor la enfermedad?
10. No todas las enfermedades genéticas son causadas por un problema con un solo gen. Lee los comentarios de Filippo. ¿Cómo tener varios genes que causan una enfermedad podría cambiar lo que debes hacer para diagnosticarla?

### Filippo dice lo siguiente: . . .



Con algunas enfermedades, es un solo gen que causa una sola enfermedad. Esto es sencillo. Pero este no siempre es el caso. Por ejemplo, con la epilepsia, hay varios genes involucrados. Cada día descubrimos nuevos genes que causan epilepsia. La tecnología de secuenciación ha progresado mucho. Con la secuenciación de última generación, podemos secuenciar todo el genoma de manera más rápida y asequible. Luego, podemos buscar variantes en miles de genes a la vez, incluso en aquellos que no sabíamos que causaban epilepsia.



### **Actuar:** ¿Cómo podemos utilizar esta información de manera ética y sabia?

No todos quieren saber todo sobre su salud. En la genética, cuando una persona descubre cosas sobre su salud, a veces, descubre información que no quería saber. También podría averiguar problemas de salud potenciales de sus familiares. A menudo, antes de que se realice una prueba genética, un **asesor genético** ayudará a las personas a pensar en lo que significa tener este conocimiento. En esta actividad, pensarás en las preguntas que podrías hacer si fueras un asesor genético.



1. Imagina que eres un asesor genético. ¿Cuáles son algunas de las cosas que crees que podrían ser muy importantes para considerar antes de realizarse una prueba destinada a detectar una variante genética?
2. Anota las preguntas que te gustaría hacer o los temas que quieras plantearle a alguien que toma esta decisión. ¿En qué debería pensar?
3. Examina tu *Lista de preocupaciones éticas* de la parte 1. Si un elemento de la lista te recuerda alguna pregunta que te gustaría hacer o ideas que te gustaría que el paciente considere, anota esas ideas ahora.

**Filippo dice lo siguiente: . .**



Ahora estamos usando pruebas genéticas de diferentes maneras. Estamos analizando a personas sanas que quieren saber si es probable que desarrollen una enfermedad genética o si podrían transmitir una enfermedad genética a sus hijos. Por lo tanto, ahora estamos utilizando pruebas del genoma no solo para el diagnóstico, sino también para ayudar a las personas a planificar y tomar decisiones.

4. Con un compañero, lee la *Situación uno*.

**Situación uno**

Las personas con ciertas variantes genéticas en el gen *BRCA1* tienen un mayor riesgo de desarrollar cáncer de mama. Esto es cierto para hombres y mujeres. El hecho de que tengas una variante de *BRCA1* no significa que desarrollarás cáncer de mama; es solo más probable.

Otras personas de tu familia han tenido cáncer de mama. Estás considerando realizarte pruebas en busca de las variantes de *BRCA1*. Sin embargo, tu hermana no quiere saber si tiene una variante de *BRCA1*. Si bien sus resultados genéticos podrían ser diferentes, si tú tuvieras un resultado positivo, significaría que ella podría tener hasta un 50 % de probabilidades de tener un resultado positivo. ¿Deseas realizarte una prueba genética de *BRCA1*?



5. Un compañero será un asesor genético y el otro, un paciente en la Situación uno.
  - a. Como asesor genético, usa las preguntas que escribiste y cualquier otra que se te ocurra para animar al paciente a pensar en las posibles consecuencias de su decisión. Tu función no es juzgarlo ni hacer que tome una decisión determinada; es ayudarlo a considerar todas las diferentes partes y consecuencias de su decisión. Por ejemplo, podrías preguntar: “¿por qué estás considerando realizarte la prueba genética *BRCA1*?”
  - b. Como paciente, piensa en cómo te podrías sentir si te encontraras en la Situación uno. Intenta responder las preguntas del asesor genético. Si no se proporciona la información, por ejemplo, si hay preguntas sobre por qué tu hermana no quiere saber, puedes usar tu imaginación para crear información realista. Por ejemplo, podrías decir: “Estoy pensando en hacerme la prueba porque a una amiga le acaban de diagnosticar muy tarde cáncer de mama y ha sido difícil de tratar” o “Estoy pensando en hacerme la prueba porque creo que es mejor saber que no saber”, o por otro motivo que decidas.
6. Ahora cambien de rol. El compañero que era el asesor genético se convierte en el paciente. El compañero que era el paciente se convierte en el asesor genético. Utilicen la información de la Situación dos para realizar otro juego de rol, de la misma manera que lo hicieron en el paso 5.

### Situación dos

Tu padre tenía una enfermedad genética que afecta al cerebro, llamada enfermedad de Huntington. Una persona nace con la variante que causa la enfermedad, pero los síntomas no se desarrollan hasta la mediana edad. Las personas con síntomas suelen tener problemas con el pensamiento, el comportamiento y el movimiento, que empeoran en un período de entre 10 y 25 años.

En la actualidad, no existe cura para esta enfermedad. Si tu padre la tenía, tienes un 50 % de probabilidades de heredar esta enfermedad. ¿Deseas realizarte una prueba genética para averiguar si heredaste la enfermedad de Huntington?



 **Consejo de seguridad emocional**

Tener conversaciones acerca de si realizarías o no una prueba de detección de una enfermedad puede ser algo conmovedor, especialmente si conoces a alguien con una enfermedad genética. No hay respuestas correctas o incorrectas, y cada persona y situación es única. Si necesitas hacer una pausa y tomar un descanso, está bien.

**7. Analiza con tu equipo:**

- a. ¿Por qué podría ser importante tener conversaciones como las que ejemplificaste con el asesor genético antes de realizar las pruebas?
- b. A medida que las pruebas se vuelven más comunes, ¿hay cosas que crees que las personas deberían hablar con más frecuencia?
- c. Algunas personas pueden acceder a pruebas genéticas. Es posible que otras personas no estén en un lugar que ofrezca pruebas genéticas o que estas sean demasiado costosas para ellos. ¿Cómo te hace sentir eso?

**8. Escribe o dibuja las cosas importantes que deseas recordar y compartir sobre el diagnóstico de enfermedades genéticas. Asegúrate de incluir la siguiente información:**

- a. Cómo funciona
- b. Los tipos de enfermedades que se pueden diagnosticar
- c. Lo que es útil de las pruebas para diagnosticar enfermedades genéticas
- d. Cuáles son las posibles preocupaciones
- e. Por qué esto podría ser importante para tu comunidad

**9. Comparte esta información con un compañero de clase, amigo o familiar.**

Conversa con ellos sobre por qué puede ser importante conocer esta información.



## Tarea 2: ¿Cómo podemos corregir enfermedades genéticas usando la biotecnología?

En la tarea 1, exploraste cómo diagnosticar enfermedades genéticas. La **terapia génica** es un tipo de tratamiento para solucionar problemas genéticos. Mediante la terapia génica, se pueden agregar o cambiar genes para tratar enfermedades genéticas. Hoy en día, el sueño de la terapia génica se está convirtiendo rápidamente en una realidad. En esta tarea, **descubrirás** la necesidad de tratamientos específicos para solucionar problemas genéticos. Luego, investigarás para **comprender** cómo la biotecnología ayuda a brindar tratamientos personalizados. Por último, **actuarás** integrando lo que ahora conoces en diálogos comunitarios sobre el tratamiento de enfermedades.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Nicole Paulk. Nicole (pronunciado ni-COL) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan utilizar la biotecnología para mejorar la salud humana y crear un futuro más saludable. Como investigador de acción, también estás tratando de mejorar la salud en el futuro. Nicole será tu mentora de investigación para ayudarte a entender mejor el rol que la biotecnología puede desempeñar en el tratamiento de enfermedades.

Nicole es profesora de bioquímica y biofísica en la Universidad de California, San Francisco, en Estados Unidos. Tiene un doctorado en terapia génica viral y completó una beca de investigación posdoctoral en terapia génica humana. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Nicole trabajará contigo, es importante que la conozcas.

Para eso, Nicole completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Nicole incluye la siguiente información:

- Vive en San Francisco, California
- 38 años
- Mujer blanca/caucásica
- Le interesan los virus, la terapia génica y la ingeniería del genoma
- Le gusta practicar snowboard, andar en bicicleta, ir de vacaciones aventureras y hacer rafting

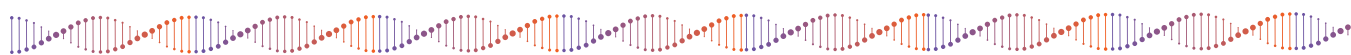


- “Alta, ojos color avellana, cabello castaño largo y liso que no puedo rizar de NINGUNA manera, una gran sonrisa”.
- Voz fuerte, divertida, meticulosa
- Hija de un leñador y una secretaria, hermana de un electricista
- Objetivo de la vida: ayudar a descubrir tratamientos para enfermedades que no tienen terapias, especialmente de las enfermedades que afectan a los niños

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Nicole.

- ¿Tienes algo en común con Nicole?
- ¿En qué te diferencias de Nicole?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Nicole, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre la salud humana?

En esta tarea, notarás que Nicole comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** ¿Cómo podemos tratar las enfermedades genéticas?

El ADN es como un manual de instrucciones para tus células. Cuando hay errores con las instrucciones, puede haber problemas con tus células y tu cuerpo. En la tarea 1, aprendiste cómo los investigadores diagnostican estos errores. En esta actividad, comenzarás a pensar en tratamientos para corregir estos errores.

1. Utiliza un pizarrón de la clase o papel para enumerar las enfermedades que conoces. Estas pueden ser enfermedades que tú u otras personas que conoces hayan tenido o solo enfermedades de las que has oído hablar. Si tienes tiempo, puedes preguntarles a otras personas que conoces, como familiares o amigos, para obtener ideas adicionales.
2. Ahora, enumera los tratamientos que conoces junto a cada enfermedad. Los tratamientos pueden incluir píldoras, inyecciones, cirugía u otros métodos.





3. Analicen en equipo:
  - a. ¿Estos tratamientos corrigen la causa del problema o simplemente hacen que alguien se sienta mejor durante un tiempo? Está bien si no conoces la respuesta a esta pregunta. Simplemente esfuérate al máximo.
  - b. ¿Estos tratamientos están dirigidos a un lugar específico del cuerpo o afectan todo el cuerpo?
  - c. ¿Cómo hacen los tratamientos para alcanzar la parte del cuerpo que están intentando tratar?
4. Examina tu lista de enfermedades y tratamientos. Encierra en un círculo las enfermedades que crees que pueden ser causadas por problemas con los genes. A continuación, pensarás en la forma en que la terapia génica intenta tratar los problemas genéticos.
5. Lee esta **analogía** y, a continuación, responde las preguntas con tu equipo.
6. Sabes que una célula utiliza las instrucciones del ADN para construir proteínas. Imaginemos que eres como una célula y estás tratando de construir algo. En esta analogía, estás tratando de construir una silla como la que se muestra en la figura 4-5. ¿Qué necesitarías?



*Figura 4-5: La silla que intentas construir en la analogía.*

7. Podrías pensar que necesitas materiales para construir la silla e instrucciones sobre cómo construirla. Esto también sucede con una célula cuando está construyendo una proteína. Necesita materiales para construir la proteína, y también necesita instrucciones. ¿Dónde obtiene la célula sus instrucciones?
8. La célula obtiene sus instrucciones del ADN, como tu podrías obtenerlas de un manual de instrucciones. Imagina que las instrucciones tienen un error. Puede que falte una oración o una página completa. O tal vez las instrucciones se



imprimieron incorrectamente y te indican que coloques una pieza al revés. O tal vez se imprimieron pasos adicionales que no deberían estar allí.

- a. Con tu equipo, piensen en cómo un error en tu manual de instrucciones podría ser una analogía de un error en las instrucciones del ADN en una célula.
- b. ¿Existen diferentes tipos de errores posibles en el ADN, tal como los había en tu manual de instrucciones?
- c. ¿Qué crees que podría suceder en la construcción de una proteína si hubiera un error en el ADN que la codifica?

9. Lee *Instrucciones del ADN y enfermedades*.

### *Instrucciones del ADN y enfermedades*

Sin todas las instrucciones correctas, es posible que no puedas construir la silla de forma que se pueda utilizar. Y sin todos los pares de bases correctos en un gen, una célula podría no ser capaz de construir una proteína utilizable. Cuando una célula no puede desarrollar una proteína utilizable, esto puede causar una enfermedad. Diagnosticar el problema significa encontrar el lugar de las instrucciones que está creando el problema. Aprendiste sobre esto en la tarea 1. Ahora pensarás en cómo resolver este problema.

10. Sigue pensando en la analogía de la silla. Si hubiera un error en el manual de instrucciones, ¿cómo se podría solucionar? Por ejemplo, si tuvieras un libro de instrucciones completamente nuevo que fuera correcto, sabrías cómo construir la silla. O bien, si tuvieras una copia correcta del paso faltante, sabrías cómo construir la silla.
  - a. ¿Cómo arreglar las instrucciones de la silla podría ser una analogía de diseñar una terapia génica?
  - b. Con tu equipo, piensen en lo que saben acerca de las diferentes técnicas de biotecnología. ¿Hay alguna técnica que se les ocurra que se pueda utilizar para solucionar problemas con un gen? Lee *Tipos de terapias génicas* para obtener más información.



### Tipos de terapia génica

Existen diferentes enfoques para el tratamiento de enfermedades genéticas.

A veces, se agrega una copia completamente nueva de un gen existente a una célula y, luego, se pueden producir proteínas utilizables, junto con las que no se pueden utilizar del gen variante existente. Esto sería como que te envíen un nuevo conjunto de instrucciones para poder construir la silla. Esto se denomina **terapia de reemplazo de genes**.

Los genes también se pueden editar directamente dentro del genoma mediante una herramienta como CRISPR. Esto sería como que alguien vaya a tu casa y use un bolígrafo para corregir el error en tu manual de instrucciones. Esto se denomina **terapia de edición genética**.

A veces, un gen que se supone que se debe apagar y no producir proteínas se enciende debido a una variante. Esto sería como si hubiera un paso adicional en tu manual de instrucciones. Alguien podría venir a tu casa y usar un marcador para tachar el paso adicional. En el caso de la terapia génica, se podría introducir un gen que bloquea la construcción de proteínas de ese gen variante. Esto se denomina **terapia de inhibición genética**.

#### *Nicole dice lo siguiente: . . .*



Un medicamento genético puede ser algo que es permanente o algo que es temporal. Puede ser algo que edita tu genoma. Por ejemplo, si naciste con una mutación en uno de tus genes realmente importantes, podríamos entrar y corregir esa mutación para que ya no la tengas. O podríamos entregarte una copia funcional completa de un gen.

11. Administrar la terapia génica es otro desafío. Piensa nuevamente en la analogía. A pesar de que pueden existir las instrucciones correctas para la silla, eso no te ayuda, a menos que las tengas en tu hogar. Imagina que necesitas una copia física del manual de instrucciones correcto para construir la silla. No te servirá que alguien te lo lea por teléfono o te envíe una copia electrónica. La empresa que



produce la guía está lejos, pero tiene copias correctas. ¿Cómo podrías obtener una copia del paso faltante en tu hogar?

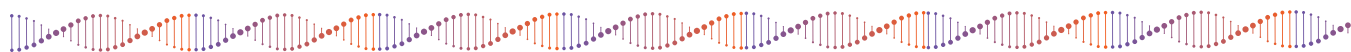
- a. Cuando se entrega algo a tu hogar, ¿qué tipo de información crees que es necesaria para que la persona que realiza la entrega pueda llegar a tu dirección, no la de tu vecino, la de una persona al otro lado del país ni la de una persona al otro lado del mundo?
- b. ¿Por qué crees que podría ser importante dirigir la administración de una terapia génica a una célula (o células) específica?

**Nicole dice lo siguiente: . . .**



La administración de la terapia génica debe ser específica, al igual que un camión debe entregar en un lugar específico, no ir simplemente a tu país o a tu estado. La entrega tiene que ir a tu calle, a tu edificio, directamente a tu puerta.

12. Examina tu lista de enfermedades genéticas y tratamientos marcados con un círculo de los pasos 1 y 2. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Tener una terapia génica para tratar qué enfermedad te emocionaría más?
  - b. La terapia génica se enfoca en un problema genético específico dentro de células específicas. ¿Cómo se parece o se diferencia esto de los tratamientos que enumeraste en el paso 2?



**Comprender:** ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a proporcionar tratamientos específicos?

El objetivo de la terapia génica es abordar el problema específico con el gen en las células específicas donde se genera el problema. Esto puede ser un desafío, pero los científicos han logrado grandes avances.

1. Piensa en las maneras en que podrías administrar la terapia génica a células específicas y comparte tus ideas con tus compañeros de equipo. Debes cumplir con los siguientes objetivos:
  - a. Proteger el material genético que estás tratando de entregar
  - b. Entregar material genético a la célula



- c. Asegurarte de que el material genético ingrese a la célula que deseas que ingrese, también conocida como la **célula objetivo**
2. Ahora, con tu equipo, lean la sección *Entrega especial*. ¿Qué sistemas naturales ya se enfocan en las células y les entregan material genético?

### Entrega especial

Los virus pueden ser muy buenos para ingresar e infectar células. Piensa en el virus como el vehículo de entrega de la analogía de la actividad Descubrir. ¿Cómo podría ser útil?

Por lo general, los virus contienen su propio material genético que llevan a una célula cuando ingresan a esta. Sin embargo, imagina que se eliminó todo el material genético viral. Solo quedan las piezas necesarias para la entrega. Este virus vehículo de administración se denomina **vector viral**. El vector viral ahora puede entregar muchas cosas diferentes. Por ejemplo, podrías agregar un gen para la terapia génica al virus y hacer que lo entregue a la célula. Los virus no son los únicos vehículos de entrega de terapia génica, pero son, por lejos, los más comunes. Se seleccionan diferentes virus para distintas necesidades.

3. Piensa en una infección viral que hayas tenido (como un resfriado o una gripe). ¿El virus tendía a atacar ciertos lugares del cuerpo? Algunos virus tienden a infectar el sistema respiratorio, otros, el sistema digestivo, otros pueden infectar otros tipos de células. Por lo tanto, la mayoría de los virus ya se enfocan en tipos específicos de células. ¿Por qué podrían ser útiles si se usan como mecanismo de entrega?

### *Nicole dice lo siguiente: . . .*



Por lo general, las personas piensan en virus como algo que tratamos, por ejemplo, si estás enfermo con un virus. Pero, de hecho, la gran mayoría de los virus del planeta no hacen que los seres humanos se enfermen. Se pueden utilizar como herramientas de entrega. Los diferentes virus tienden a ir a lugares distintos. Los virus ya son muy buenos para entrar a nuestras células, por lo que podemos utilizar un virus con el fin de administrar la terapia génica.

También podemos personalizar los virus de todo tipo de formas para que se dirijan a un punto particular de tu cuerpo, a una **especie** en particular, o a una combinación particular de tejidos o tipos de células.



4. Divide a los estudiantes en grupos de tres. Cada miembro del grupo necesitará un lápiz y un papel. Lee las *Instrucciones del modelado de terapias génicas*.

### **Instrucciones del modelado de terapias génicas**

En grupo, van a representar cómo funcionan los diferentes tipos de terapias génicas una vez que alcanzan las células objetivo.

¿Recuerdas cuando aprendiste que una célula puede “leer” el ADN para construir proteínas? En la parte 1, utilizamos el ejemplo de la oración, “Comienza aquí: lee esta oración y, luego, dibuja una caja” como una analogía de cómo el ADN da a las células instrucciones. En esta actividad, utilizarás esta analogía para representar cómo funcionan las diferentes terapias génicas.

Elige una persona para representar la célula, una persona para representar el gen actual y una persona para representar la terapia génica.

#### **La célula**

Si estás representando la célula, tu trabajo es seguir las instrucciones que recibas. Siempre es necesario decirles a las células que comiencen a leer un fragmento de ADN. Por lo tanto, siempre que recibas una instrucción que empiece diciendo “comienza aquí”, la llevarás a cabo. Usa un papel y un lápiz para dibujar todo lo que se te indique.

#### **El gen actual**

Si representas el gen actual, escribe instrucciones en la parte superior de tu hoja de papel. Corta esa parte del papel y entrégasela a la célula para que la lleve a cabo. Si la terapia génica reemplaza o cambia tu hoja de papel, debes dejar que lo haga.

#### **La terapia génica**

Si representas la terapia génica, tu objetivo es asegurarte de que la célula esté dibujando lo que se necesita. En este modelo, tendrás tres opciones:

- a. **Reemplazo de genes:** Escribe instrucciones en un papel adicional y entrégaselas a la célula para que las lleve a cabo. El gen actual le dará tu papel a la célula.



- b. **Edición de genes:** Toma tu lápiz y corrige algunas letras que mutaron en el gen actual. Pide al gen actual que le entregue tus instrucciones corregidas a la célula.
- c. **Inhibición genética:** Toma tu lápiz y tacha lo que escribió el gen actual para que no se pueda leer. Pide al gen actual que le entregue tus instrucciones tachadas a la célula.

Habrán cuatro rondas. Haz que el gen actual y la terapia génica lean los detalles de cada ronda. Oculta los detalles de la célula. ¿La terapia génica puede encontrar una manera de lograr que la célula alcance el objetivo?

### Ronda 1

Objetivo: Hacer que la célula dibuje un círculo.

Gen actual: Empieza escribiendo la oración “Comienza aquí: Lee esta oración y, luego, dibuja un círculo” en tu hoja de papel. Ahora, representarás la mutación. Borra la palabra “círculo” y sustitúyela por la palabra “línea”. Tu papel ahora debería decir: “Comienza aquí: lee esta oración y, luego, dibuja una línea”.

Terapia génica: Utiliza el tipo de terapia que crees que sería mejor para lograr tu objetivo de conseguir que la célula dibuje un círculo.

### Ronda 2

Objetivo: Hacer que la célula dibuje un triángulo grande y, luego, un triángulo pequeño.

Gen actual: Empieza escribiendo la oración “Comienza aquí: lee esta oración y, luego, dibuja un triángulo grande seguido de un triángulo pequeño” en tu hoja de papel. Ahora, representarás la variante. Borra la parte que dice “seguido de un triángulo pequeño”.

Terapia génica: Utiliza el tipo de terapia que crees que sería mejor para alcanzar tu objetivo.

### Ronda 3

Objetivo: Hacer que la célula no dibuje nada.

Gen actual: Empieza escribiendo la oración “Comienza aquí: lee esta oración” en tu hoja de papel. Ahora, representarás la variante. Después de “oración”, agrega las palabras “y, luego, dibuja cuadrados hasta que el papel esté lleno”. Ahora, tu papel debería decir: “Comienza aquí: lee esta oración y, luego, dibuja cuadrados hasta que el papel esté lleno”.



Terapia génica: Utiliza el tipo de terapia que crees que sería mejor para alcanzar tu objetivo.

#### Ronda 4

Objetivo: Hacer que la célula dibuje un cuadrado.

Gen actual: Empieza escribiendo la oración "Comienza aquí: lee esta oración y dibuja un cuadrado" en tu hoja de papel. Ahora, representarás la variante. Borra todas las palabras entre "Comienza" y "cuadrado". Ahora, tu papel debería decir: "Comienza cuadrado".

Terapia génica: Utiliza el tipo de terapia que crees que sería mejor para alcanzar tu objetivo.

5. Debate las siguientes preguntas con tu grupo:

- ¿Por qué algunas terapias génicas fueron mejores que otras para las diferentes situaciones en las distintas rondas?
- ¿Podrías haber utilizado otras? Por ejemplo, si la terapia génica que elegiste era un reemplazo genético, ¿podrías haber utilizado la edición genética en su lugar?

#### Consejo de seguridad emocional

Aunque los científicos han progresado mucho y las primeras terapias génicas comienzan a estar disponibles para el público, aún hay mucho camino por recorrer. Muchas terapias génicas solo están en la fase de prueba y muchas más aún están en desarrollo. Puede ser frustrante si tú o alguien que quieres sufre de una enfermedad que podría curarse o apoyarse con una terapia génica, pero la terapia aún no está disponible. Está bien sentir tristeza o enojo sobre esto. Si aprendes cómo funciona la terapia génica, puedes ayudar a educar a los demás y alentar los cambios que buscas.

6. Lee lo que dice Nicole. ¿Cómo crees que la terapia génica cambiará las cosas en el futuro?





**Nicole dice lo siguiente: . . .**

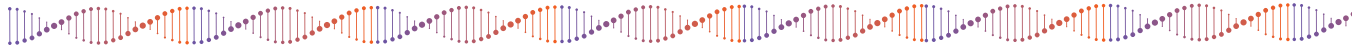
Un virus ahora puede ser un medicamento terapéutico para tratarte de algo. Por ejemplo, hay niños que no pueden ver porque nacen con un tipo específico de ceguera causada por un problema con uno de sus genes. Podemos administrarles una infusión única de un virus en el ojo que les da un gen funcional con el que no nacieron, un gen que necesitaban para poder ver. Luego, una vez que se despiertan de la cirugía, pueden ver.

Y pueden ver para siempre. Podemos curar esta forma de ceguera mediante la terapia génica.

En este momento, muchos de los trabajos de terapia génica se realizan en enfermedades raras, pero el trabajo está empezando en otras más comunes. Creo que, en el futuro, habrá tratamientos génicos para enfermedades, como enfermedades cardíacas, diabetes y cáncer. Si te encuentra en la escuela intermedia o secundaria en este momento, estoy segura de que serás elegible para una terapia génica en algún momento de tu vida. Se convertirá en un tipo de tratamiento común.

7. Has aprendido más acerca de cómo funciona la terapia génica. Ahora elige una enfermedad que conozcas en tu comunidad. Realizarás algunas investigaciones para saber si existen **estudios clínicos** en curso en los que se utilicen terapias génicas para tratar esa enfermedad. Un estudio clínico es la etapa final del desarrollo de un tratamiento. Si un tratamiento parece estar funcionando y ser seguro en el laboratorio y en otros modelos, generalmente, se analiza con un pequeño grupo de personas. Si esas personas tienen buenos resultados, se prueba con grupos incluso más grandes. Si tienes acceso a Internet, puedes visitar [trialssearch.who.int](http://trialssearch.who.int) o [clinicaltrials.gov](http://clinicaltrials.gov) para buscar estudios clínicos que estén en curso en este momento. Busca el nombre de la enfermedad que estás investigando y la terapia génica.
  - a. ¿Cuántos estudios clínicos se están llevando a cabo?
  - b. ¿Qué tan recientes son los estudios clínicos?
8. Compara tus resultados con los de tus compañeros de equipo.
  - a. ¿Qué enfermedad encontraste que tiene la mayor cantidad de estudios clínicos de terapia génica?
  - b. ¿Hay algún estudio clínico de terapia génica que realmente te entusiasme?





## **Actuar:** ¿Cómo podemos utilizar la terapia génica éticamente para resolver problemas médicos?

Has aprendido sobre la terapia génica y cómo se utiliza. Ahora pensarás en cómo se relaciona esto con tus esperanzas y miedos para el futuro. Luego, considerarás lo que otras personas deben saber sobre la terapia génica y el futuro.

1. Toma tu *Panel de tendencias del futuro* de la parte 1.
2. ¿Qué esperanzas tienes para el futuro después de aprender sobre la terapia génica? Si lo deseas, agrega dibujos, palabras o fotos para representar esas esperanzas.
3. ¿Qué preocupaciones tienes sobre el futuro después de aprender acerca de la terapia génica? Si lo deseas, agrega dibujos, palabras o fotos como ayuda para representar esas preocupaciones. Asegúrate de considerar todo lo relacionado con tu *Lista de preocupaciones éticas* de la parte 1.
4. Piensa para ti: ¿qué es lo más importante que aprendiste durante esta tarea?
5. Comparte tus ideas con tu equipo y presta atención cuando ellos compartan sus ideas contigo.
6. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Quiénes son las personas que realmente necesitan saber sobre el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades genéticas, pero que aún no lo conocen?
7. En equipo, ¿pueden crear una manera de compartir esas ideas importantes con este grupo? Por ejemplo:
  - a. Podrían crear una imagen para presentarla a otra clase.
  - b. Podrían crear una canción, un poema o un juego para explicar qué es la terapia génica y cómo funciona.
  - c. ¿Tienes otras ideas sobre cómo compartir?
8. Planifica cómo deseas compartir con el público que identificaste. Asegúrate de encontrar una manera que incluya a todos en tu equipo. No te olvides de cumplir con estos objetivos:
  - a. Enumera los pasos que debes seguir.
  - b. Haz que diferentes personas se hagan cargo de diferentes pasos.
  - c. ¡Pon tu plan en acción!



# ¡Felicitaciones!

## Terminaste la parte 4.

**¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Adquirir:** Desarrollar con el tiempo o en respuesta a algo

**Analogía:** Comparar dos cosas para ayudar a aclarar

**Antígeno:** Una proteína que es única de un virus o un tipo específico de célula; el sistema inmunitario utiliza antígenos para identificar cosas que atacar

**Ascendencia:** Tu herencia genética de tus padres biológicos, abuelos, etc.

**Asesor genético:** Un profesional que ayuda a las personas a pensar en las decisiones de pruebas genéticas y a considerar los resultados de esas pruebas

**Bases:** Los cuatro tipos de unidades de ADN que almacenan información: adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T)

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Célula objetivo:** La célula específica que se está intentando tratar con la terapia

**CRISPR:** Una herramienta de biotecnología que corta el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases

**Diagnosticar:** Identificar una enfermedad



**Edición de genes:** Cambiar genes de formas muy específicas y con propósitos particulares

**Enfermedad genética:** Una enfermedad causada por una variación dentro del genoma

**Enfermedad infecciosa:** Una enfermedad que se contagia a partir de otra persona o cosa

**Especie:** Un tipo de ser vivo, como un ser humano, un perro o una palmera

**Estudio clínico:** Una prueba de un tratamiento que ocurre después de que las pruebas en laboratorios y otros modelos hayan sido exitosos; el tratamiento suele probarse con un pequeño grupo de personas y, si esas personas tienen buenos resultados, se prueba con grupos incluso más grandes

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Genoma de referencia:** Las secuencias genéticas más comunes en una población

**Genoma:** La secuencia de ADN completa de un ser vivo

**Heredar:** Nacer con algo procedente de tus padres

**Herencia:** Cómo los rasgos o las características de los padres se transmiten a sus hijos

**Insertado:** Agregado a otra cosa, a menudo en un lugar específico

**Mutaciones:** Errores de copia del ADN que dan como resultado una variación genética, ahora más comúnmente llamadas variantes



**PCR:** Una técnica de biotecnología que consiste en crear muchas copias de un material genético existente

**Secuenciación del genoma:** Una herramienta que te permite averiguar el orden de todas las bases de ADN en la célula

**Síntomas:** Signos de que podrías estar enfermo

**Terapia de edición genética:** Cambiar una pequeña parte muy específica de un gen en una célula para tratar una enfermedad

**Terapia de inhibición genética:** Bloquear un gen variante perjudicial para que no construya proteínas

**Terapia de reemplazo genético:** Agregar una nueva copia de un gen a una célula para tratar una enfermedad

**Terapia génica:** Un tipo de tratamiento en el que se utilizan genes funcionales para solucionar un problema genético en el cuerpo

**Variación:** Diferencias en los seres vivos

**Variantes:** Genes con una o más diferencias

**Vector viral:** Un vehículo de entrega en forma de virus para otros materiales genéticos, como las terapias génicas

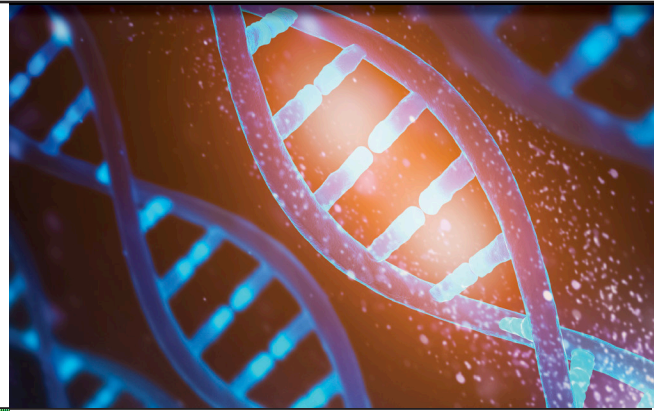


## Nota final

1. Centro de Fibrosis Quística del Hospital para Niños Enfermos de Toronto. 2022. Base de datos de mutaciones de fibrosis quística. Obtenido de <http://www.genet.sickkids.on.ca/Home.html>.



# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 5: Biotecnología y datos genéticos

SUSTAINABLE DEVELOPMENT  GOALS

desarrollado por

en colaboración con



## **Aviso de derechos de autor**

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## **Aviso de derechos de autor**

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 5. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson

Pasantes contribuyentes

Emily Chen

Khadijah Thibodeaux

Mentores de investigación

Dra. Kadija Ferryman

Dra. Irene Xagoraki

Revisores técnicos

Danielle Boyce, Doctora de Administración Pública y Magíster en Salud Pública

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## **Crédito de las imágenes**

Portada: alanphilips/E+/Getty Images Plus

Figura 5-1: Khadijah Thibodeaux, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-2: Khadijah Thibodeaux, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-3: Khadijah Thibodeaux, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-4: Khadijah Thibodeaux, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-5: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-6: Emily Chen, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-7: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-8: Emily Chen, Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 5-9: DSCimage/iStock/Getty Images Plus

Figura 5-10: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica





## PARTE 5: BIOTECNOLOGÍA Y DATOS GENÉTICOS

Planificador	169
<b>Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?</b>	170
<b>Descubrir:</b> ¿Qué podemos aprender del ADN?	171
<b>Comprender:</b> ¿Cómo se pueden utilizar los datos genéticos?	175
<b>Actuar:</b> ¿Qué derechos tienen las personas, los científicos y las empresas con respecto a los datos genéticos?	182
<b>Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?</b>	186
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo podemos utilizar la biotecnología para aprender más sobre nuestro entorno?	187
<b>Comprender:</b> ¿Qué tipos de problemas podemos identificar con los datos genéticos ambientales?	191
<b>Actuar:</b> ¿Deberíamos utilizar la biotecnología para ayudar a identificar problemas en el medioambiente?	201
Glosario	204
Notas finales	206

### **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

Actividad	Descripción	Materiales y tecnología	Materiales adicionales	Tiempo aproximado	Número de página
<b>Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora cómo los datos genéticos se relacionan con tu identidad. Descubre más acerca de cómo se recopilan los datos genéticos y la información que contienen.		<u>Mapa de identidad</u> (parte 1)	25 minutos	171
<b>Comprender</b>	Considera tus preocupaciones sobre el uso de datos genéticos. Realiza entrevistas para comprender las preocupaciones de la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Papel</li> </ul>		30 minutos + tiempo de la entrevista	175
<b>Actuar</b>	Analiza diferentes perspectivas sobre la propiedad y el uso de datos genéticos. Elige una perspectiva para compartir con otra persona o grupo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolígrafos o marcadores</li> <li>• Papel de afiche o pizarrón de la clase</li> </ul>		25 minutos	182
<b>Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?</b>					
<b>Descubrir</b>	Busca evidencia de seres vivos y descubre cómo la evidencia del ADN ambiental puede ayudar a responder preguntas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Papel</li> </ul>		35 minutos + tiempo de búsqueda y observación	187
<b>Comprender</b>	Analiza los casos de estudio de las investigaciones con ADN ambiental y diseña tu propia investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Papel</li> </ul>		60 minutos	191
<b>Actuar</b>	Desarrolla tus ideas acerca de las consideraciones éticas y otras perspectivas sobre el uso de datos genéticos, y utiliza estas ideas para modificar tu investigación sobre ADN ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Papel</li> </ul>	<u>Lista de preocupaciones éticas</u> (parte 1)	25 minutos	201



## Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?

La información en un **genoma** se denomina **datos genéticos**. Los datos genéticos de tu genoma pueden decirles a los investigadores muchas cosas sobre ti. Esto es cierto para los seres humanos y todos los seres vivos. En esta tarea, **descubrirás** más acerca de lo que podemos aprender del **ADN**. Luego, investigarás para **comprender** más sobre cómo se sienten las personas de tu comunidad acerca de compartir esta información. Por último, **actuarás** para decidir cómo crees que los datos genéticos deben protegerse.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Kadija Ferryman. Kadija (pronunciado ka-DI-ya) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que piensan sobre cómo utilizar la **biotecnología** de forma ética.

Kadija es profesora de bioética y políticas de salud de la Universidad Johns Hopkins en Estados Unidos. Tiene un doctorado en antropología. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Kadija trabajará contigo, es importante que la conozcas.

Para eso, Kadija completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Kadija incluye la siguiente información.

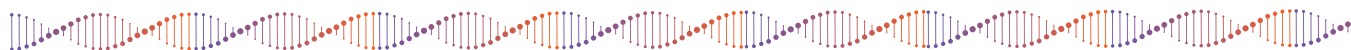
- Jamaicana estadounidense o “jamericana”
- Mi padre y mi madre nacieron y se criaron en Jamaica, así como todos mis antepasados desde la década de 1790.
- Mujer
- Nativa de Nueva York; nacida y criada en la ciudad de Nueva York
- Licenciatura en la Universidad de Yale, doctorado en la Nueva Escuela para Investigación Social
- Interesada en cómo entendemos las diferencias entre los grupos humanos, las tecnologías digitales, la justicia y la equidad en la sociedad
- Le gusta la danza de la música caribeña y de la diáspora africana, cocinar, trotar, escuchar podcasts, practicar ciclismo y pasar tiempo con familiares y amigos
- Usa anteojos desde el cuarto grado



Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Kadija.

- ¿Tienes algo en común con Kadija?
- ¿En qué te diferencias de Kadija?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Kadija, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre la ética de utilizar datos genéticos?

En esta tarea, notarás que Kadija comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** ¿Qué podemos aprender del ADN?

El genoma de cada persona es único. Contiene información que determina partes de su identidad. Existen muchas maneras diferentes en que se puede utilizar esta información.

1. Toma tu *Mapa de identidad* de la parte 1.
2. Míralo detenidamente. Busca cualquier parte de tu identidad que consideres que podría estar relacionada con tu ADN. Por ejemplo, tu mapa de identidad podría incluir características físicas determinadas por tu ADN. O tu mapa de identidad puede incluir roles que cumples según relaciones genéticas compartidas, como ser hija o hermano de otra persona.
3. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Qué partes de tu identidad crees que podrían encontrarse en tu ADN?
  - b. ¿Qué partes de tu identidad no se encuentran en tu ADN?
  - c. ¿Tu ADN puede contar tu historia? ¿Tu ADN excluye partes importantes de quién eres?

#### Consejo de seguridad emocional

Tu genética puede afectar quién eres, pero no determina todas las partes de tu identidad. A veces, las personas pueden suponer ciertas cosas sobre ti con base en tu genética. Pero tú eres quien decide quién eres.



4. Piensa para ti:
  - a. ¿Hay alguna parte de tu identidad que quieras mantener en privado?
  - b. ¿Cómo te sentirías si otras personas pudieran averiguar esa información utilizando tu ADN?
5. Júntense en equipo. Investigarán más acerca de cómo se recopilan y analizan los datos genéticos. Lee *Recolección de la muestra*.

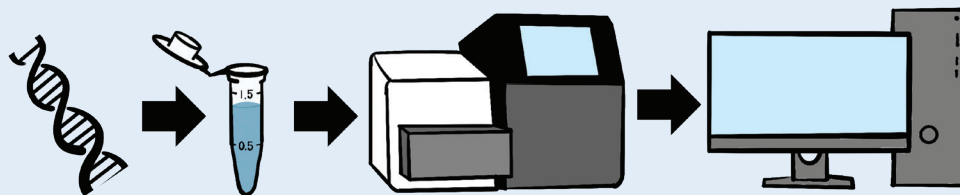
### Obtención de la muestra

El primer paso para utilizar datos genéticos es obtener una muestra de ADN. El ADN se puede encontrar en cada célula del cuerpo. Se puede encontrar en el cabello, el sudor, la sangre, la orina (pis), las heces (popó), la saliva e incluso en pequeñas escamas de la piel que dejas atrás.

6. Analicen en equipo:
  - a. ¿Dónde podrías haber dejado muestras de tu ADN sin darte cuenta? Haz una lista de todos los lugares que se te ocurran.
  - b. ¿Te sentirías cómodo si estas muestras se utilizaran para obtener más información sobre ti?
7. Lee *Análisis de la muestra*.

### Análisis de la muestra

Después de la obtención, es necesario secuenciar el ADN de la muestra para que se puedan analizar los datos genéticos. Los investigadores utilizan sustancias químicas para extraer el ADN, tal como lo hiciste en la parte 1. Luego, los investigadores pueden utilizar una máquina de secuenciación de ADN para descubrir la secuencia de las A, T, C y G. Después, esta secuencia se envía a una computadora para su análisis e interpretación. En la figura 5-1, se muestra un ejemplo.



*Figura 5-1: Se recolecta una molécula de ADN en un tubo de muestra y se secuencía en una máquina, que, luego, envía los datos a una computadora para su análisis.*



Es posible que recuerdes de la parte 1 que los científicos secuenciaron el genoma humano completo como parte del proyecto del genoma humano. En ese momento, tuvieron que secuenciar todo el ADN en orden, como leer un libro de principio a fin. Tardaron mucho tiempo. Ahora, los científicos han encontrado una manera más rápida de secuenciar ADN, llamada **secuenciación de próxima generación**. Secuencian muchas partes del ADN al mismo tiempo. Luego, utilizan una computadora para volver a armar las piezas en orden. Los seres humanos comparten el 99,9 % de nuestro ADN; por lo tanto, siempre y cuando haya suficiente de una parte, es sencillo ver dónde encaja en la secuencia del genoma. Los científicos utilizan un **genoma de referencia**, o un ejemplo del genoma de un ser vivo, como ayuda para comprender el orden de las piezas del ADN.

8. Analiza con tu equipo:

- ¿De qué manera el proyecto del genoma humano facilitó la secuenciación de los genomas de otros seres humanos?
- Ahora hay algo llamado proyecto pangenómico (Pan Genome Project) en el que los científicos están tratando de secuenciar los genomas de todos los seres vivos. ¿Por qué esto podría ser útil?

9. Ahora que tienes una secuencia de ADN, debes descubrir lo que significa. Lee *Uso de las pistas*. ¿Puedes darte cuenta de quién es el ADN que obtuviste?

### Uso de las pistas

Los investigadores suelen utilizar los datos genéticos para identificar qué ser vivo dejó una muestra de su ADN. Los datos genéticos pueden darnos mucha información acerca de la especie o el individuo que lo dejó. Los investigadores analizan los datos genéticos para obtener más información acerca del ser vivo del que proviene.

#### **¿A quién pertenece el ADN?**

Imagina que eres un investigador que recolectó una muestra de ADN y deseas averiguar a quién pertenece el ADN. Para esta actividad, usaremos un conjunto de monstruos imaginarios. Como investigador, ¿puede utilizar los datos genéticos de los genes A, B, C y D en la muestra recolectada para identificar al monstruo que la dejó?



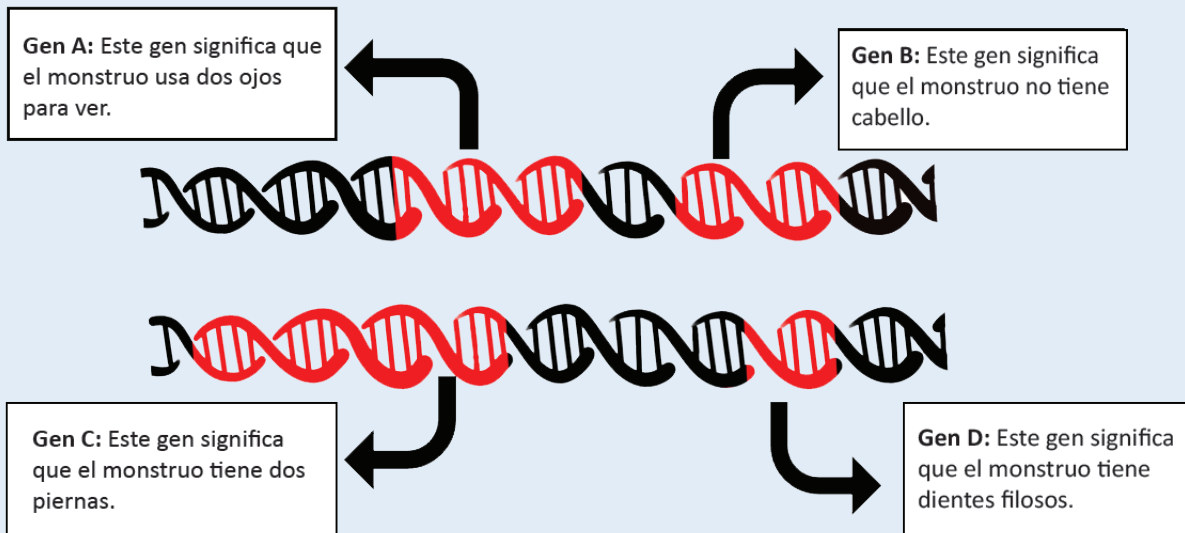


Figura 5-2: Genes de monstruos imaginarios.

¿De qué monstruo vino el ADN?

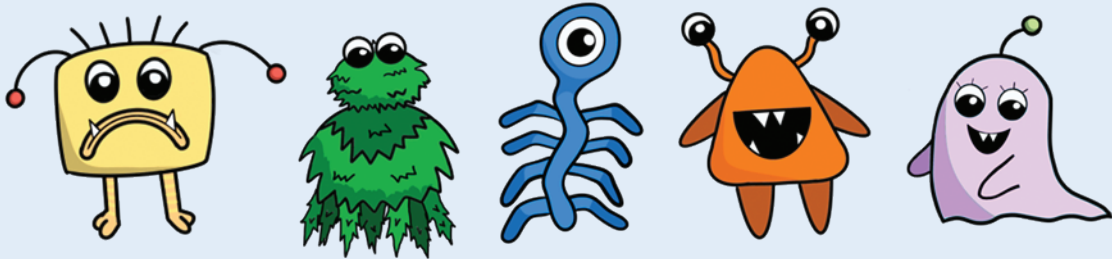


Figura 5-3: Monstruos imaginarios.

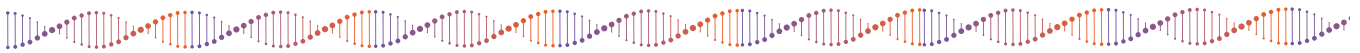
10. Piensa en conjunto con tu equipo y debatan las siguientes preguntas:
  - a. ¿Se te ocurre alguna situación en la que alguien podría querer utilizar los datos genéticos de una muestra para averiguar qué personas han estado en un lugar determinado?
  - b. ¿Se te ocurre alguna situación en la que alguien podría querer utilizar datos genéticos para saber más acerca de las relaciones entre personas, como si una persona es un miembro de la familia?
  - c. ¿Se te ocurre alguna situación en la que alguien desee utilizar datos genéticos para obtener más información sobre las características de una persona, como si pudiera tener **variantes** de ADN que estén relacionadas con una enfermedad?
11. Lee lo que dice Kadija. ¿Qué crees que nos pueden decir las similitudes y diferencias en el ADN humano? ¿Cree que debería cambiar la forma en que pensamos sobre las personas que consideramos diferentes?





**Kadija dice lo siguiente. . .**

Después de la secuenciación del genoma humano, descubrimos que todos los seres humanos son iguales en un 99,9 %. Pero en el transcurso de la historia, como seres humanos, hemos pasado mucho tiempo dividiéndonos en diferentes grupos, categorías y “tipos” de personas, y esto a veces ha tenido consecuencias perjudiciales. Entonces, ¿qué hacemos con el 0,1 % de nuestra diferencia genética? ¿Es significativa o no? ¿Por qué? Esas preguntas me cautivan mucho.

**Comprender:** *¿Cómo se pueden utilizar los datos genéticos?*

Los datos genéticos de las personas contienen mucha información que puede ser útil. A menudo, diferentes grupos recopilan datos genéticos. A veces, se recopilan para una investigación, por ejemplo, a fin de comprender más sobre las enfermedades humanas. Otras veces, los recopilan empresas que analizan datos genéticos para responder preguntas sobre la ascendencia y posibles consecuencias de salud. A veces, las autoridades recopilan datos genéticos para tratar de resolver delitos. En esta actividad, pensarás más sobre cómo se usan los datos genéticos y los impactos de esas decisiones.

1. Lee desde *Uso de datos genéticos uno* hasta *Uso de datos genéticos cinco* y responde las preguntas tú solo.

**Uso de datos genéticos uno: Cumplimiento de la ley**

Investigadores holandeses atraparon a un ladrón de arte con evidencia de ADN. Después de un robo de arte, los investigadores encontraron una muestra de ADN en el marco de un cuadro. La muestra del marco los ayudó a identificar a varias personas que habían tenido contacto con la obra de arte robada, incluido un hombre que había estado en prisión por robo de arte. Las autoridades concluyeron que, debido a que el ADN de este hombre estaba presente en la escena del crimen, debe haber sido la persona que robó las pinturas. El ladrón acusado dice que es inocente. Dice que las pinturas podrían haber sido robadas por cualquiera de las personas cuyo ADN quedó en la escena.



### Preguntas que se deben considerar

- a. Si fueras un investigador, ¿qué tan seguro te sentirías de haber capturado a la persona correcta?
- b. ¿Se te ocurren casos en que el uso de ADN puede no dar como resultado consecuencias justas?

### Uso de datos genéticos dos: Investigación

Los Gobiernos, las empresas privadas y las instituciones de investigación están creando bases de datos genéticos que han recopilado de muchas personas. Investigar los datos de estas bases de datos puede ayudar a responder preguntas sobre enfermedades genéticas y posibles tratamientos. Algunas de estas bases de datos **son de acceso abierto**, es decir, otros investigadores pueden acceder libremente a ellas. Sin embargo, muchas bases de datos tienen restricciones. Los datos en las bases de datos **están desidentificados**, lo que significa que no hay nombres vinculados a los datos genéticos. Pero algunas instituciones aún están preocupadas por la privacidad, por lo que limitan el acceso a las bases de datos o solo comparten algunos datos genéticos. En otras ocasiones, es posible que las empresas quieran mantener la propiedad de los datos que han recopilado.

#### *Kadija dice lo siguiente. . .*



Una manera en que los datos se pueden mantener privados o confidenciales es quitar la información de identificación. En algunos tipos de datos, se puede quitar el nombre, la dirección o el sexo de una persona y seguir utilizando esa información como datos anónimos para una función en particular. Pero con la información genómica, esos datos son literalmente sobre ti. ¿Cómo se hace que los datos genéticos sean anónimos y que aun así se puedan utilizar de maneras beneficiosas, como para las investigaciones de salud?



### Preguntas que se deben considerar

- ¿Qué preocupaciones tienes sobre el acceso abierto a los datos? ¿Qué ventajas crees que hay?
- ¿Crees que una empresa debería ser capaz de poseer los datos genéticos de otra persona? Si no es así, ¿quién debería poseerlos?
- Revisa lo que dice Kadija. ¿Crees que es posible desidentificar datos genéticos?

### Uso de datos genéticos tres: Marketing personalizado

Puedes pagarle a una empresa para que recopile los datos genéticos de tu ADN, un proceso llamado **prueba directa al consumidor (DTC, por sus siglas en inglés)**. Tus resultados pueden mostrar información sobre tu **ascendencia** o de qué parte del mundo provenían tus antepasados. También puede mostrar posibles enfermedades que podrías estar en riesgo de contraer. Recientemente, en asociación con un servicio de transmisión de música, una empresa de pruebas directas al consumidor creó listas de reproducción de música personalizadas basadas en la ascendencia de las personas.

### Preguntas que se deben considerar

- ¿Te genera alguna inquietud que tus datos genéticos se utilicen con el objetivo de hacerles publicidad a cosas que podrían interesarte, según tu ascendencia, como música o recetas?
- ¿Y si los artículos publicitados se basaran en la información de salud de tu ADN? ¿Es diferente?

### Uso de datos genéticos cuatro: Decisiones de atención médica

Los resultados de las empresas de DTC pueden mostrar si es más probable que desarrolles ciertas enfermedades. Sin embargo, estos resultados te llegan de forma virtual. No hay profesionales de salud con experiencia que te ayuden a interpretarlos. Las personas pueden tomar decisiones sobre sus propios comportamientos, como elegir tener hijos o mantenerse al día con los exámenes de salud preventivos, según estos resultados. También pueden optar por compartir estos resultados con familiares que podrían tener resultados similares. Los resultados de DTC no siempre son completamente precisos o fáciles de interpretar.



### Preguntas que se deben considerar

- ¿Crees que debería existir el requisito de que un profesional de la salud hable con las personas que tienen un alto riesgo de desarrollar una enfermedad, según sus resultados de DTC?
- ¿Qué problemas potenciales existen si las personas comparten resultados con sus familiares cuando estos no quieren conocer la información?

### Uso de datos genéticos cinco: Datos a la venta

Los consumidores les pagan a las empresas de DTC para que analicen sus datos genéticos y compartan esos resultados. Sin embargo, las compañías farmacéuticas, las instituciones de investigación, las compañías de salud y belleza, y las empresas emergentes en tecnología, a veces, les pagan a las empresas de pruebas genéticas de DTC para acceder a una base de datos de los datos genéticos desidentificados de sus usuarios. En la figura 5-4, se muestra un ejemplo.

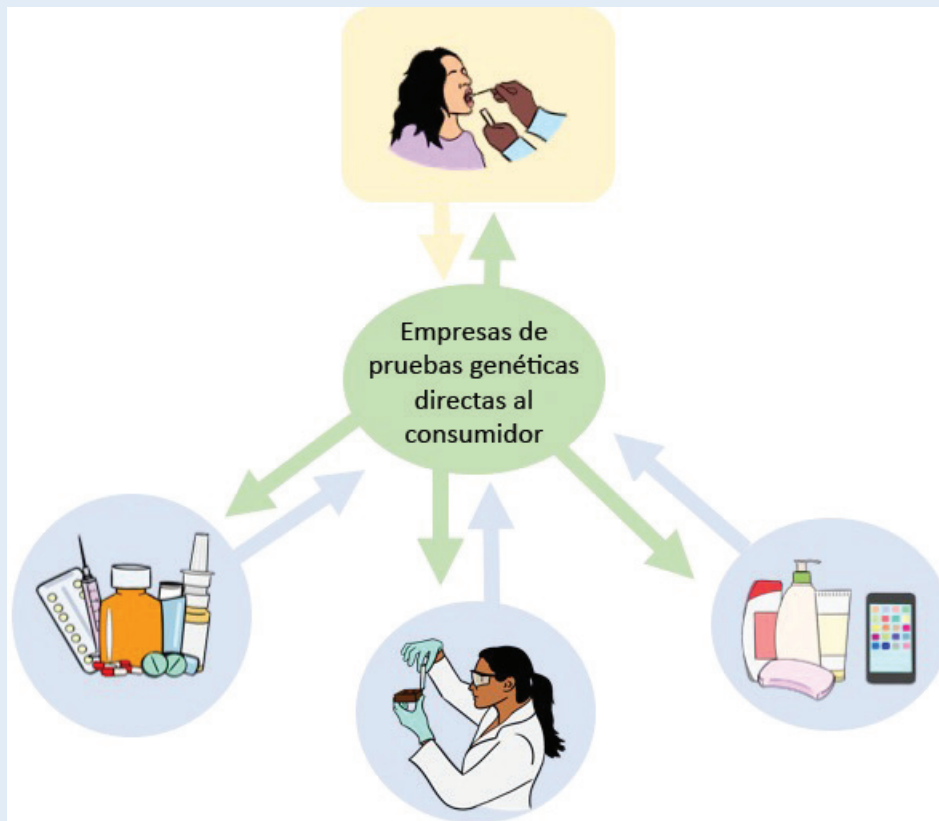


Figura 5-4: El modelo comercial de DTC: Las personas comparten una muestra genética con las empresas de DTC. Estas empresas devuelven los datos genéticos a la persona, pero también los venden a empresas farmacéuticas, instituciones de investigación y otras compañías.



### Preguntas que se deben considerar

- a. ¿Te genera alguna preocupación la forma en que las empresas de DTC venden datos genéticos?
- b. ¿Cuáles son los beneficios del modelo de negocios de las empresas de DTC para las personas? ¿Cuáles son los beneficios para las empresas de DTC?

2. Júntense en equipo. Debatan los diferentes ejemplos y sus respuestas a las preguntas.
  - a. ¿Alguien de tu equipo tuvo respuestas diferentes?
  - b. ¿Cómo crees que otros miembros de tu comunidad podrían responder?
3. Lee lo que dice Kadija. ¿Qué crees que es importante considerar cuando se discute sobre cómo se recopilan o utilizan los datos genéticos?

### Kadija dice lo siguiente. . .



Desde cierto punto de vista, los datos genéticos son el tipo de información más personal que puedes tener sobre una persona. Es literalmente la secuencia del material genético de tus células. Heredamos nuestros datos genéticos de nuestros familiares, por lo que esta información es tuya personal, pero parte de ella también se comparte entre los miembros de tu familia.

Si tenemos acceso a estos datos personales sobre una persona, ¿cómo deberíamos analizarlos? Podemos descubrir cosas interesantes, como qué hace que las personas se enfermen. Los datos genéticos son un recurso muy poderoso, por un lado. Sin embargo, también debemos pensar en cómo utilizar esta información personal de una manera segura y justa para las personas y las comunidades.

4. Ahora analizarás estas ideas con más personas en tu comunidad. Lee las Instrucciones para la entrevista sobre datos genéticos y lleva a cabo tu investigación.



## **Instrucciones para la entrevista sobre datos genéticos**

Puedes entrevistar a las personas de tu comunidad para aprender acerca de su experiencia o sentimientos sobre la recopilación y el uso de datos genéticos. Esto puede ayudarte a descubrir las opiniones de tu comunidad sobre las pruebas genéticas y el uso de datos genéticos.

### **Cómo elegir a personas para entrevistarlas**

- a. Piensa en quién podría saber más sobre el uso de datos genéticos. Por ejemplo, podría ser un profesor de tu escuela, una persona que ha utilizado una prueba de DTC, un científico local, personas que trabajan en atención médica o líderes que toman decisiones para tu comunidad.
- b. Cada persona de tu comunidad tiene una perspectiva valiosa. Recuerda tu *Mapa de identidad* de la parte 1. Diferentes partes de tu identidad te entregan información. Si puedes, entrevista a personas de una variedad de edades, géneros, sexualidades, trabajos, ingresos, religiones, etnias u otras identidades, para que puedas obtener una variedad de información. Como equipo, traten de hablar con personas que viven en todas las partes de su comunidad.
- c. Piensa en las muchas maneras en que las personas pueden compartir información e intenta no excluir a ningún grupo. Por ejemplo, puede que algunas personas de tu comunidad no hablen tu idioma. Intenta encontrar a alguien que te ayude a traducir para que puedas obtener más información sobre sus experiencias.
- d. Hacer entrevistas puede llevar mucho tiempo, por lo que puedes decidir hablar con una sola persona. Eso está bien. Si todos en tu equipo entrevistan al menos a una persona, habrá suficiente información para completar la actividad.

### **Preguntas**

Con tu equipo, desarrollen una lista de preguntas para hacer durante la entrevista. Piensa en las preguntas que respondiste como parte de las temáticas *Uso de datos genéticos uno* hasta *Uso de datos genéticos cinco*. ¿Quieres hacer alguna de esas preguntas en una entrevista?



¿Hay otras preguntas que te gustaría hacerle a tu comunidad? Asegúrate de incluir preguntas que te ayuden a aprender sobre experiencias o preocupaciones que no conozcas. Por ejemplo:

- a. ¿Tienes alguna experiencia con datos o pruebas genéticas?
- b. ¿Sientes que las pruebas genéticas son seguras? ¿Es más seguro realizarse una prueba en casa o en una clínica o centro de investigación?
- c. ¿Existen formas en que tú u otras personas de nuestra comunidad puedan beneficiarse de los datos genéticos?
- d. ¿Cuáles son las preocupaciones acerca de tu privacidad cuando recibes pruebas genéticas?

### Formas de registrar una entrevista

- a. Puedes entrevistar a personas de muchas maneras: por ejemplo, en persona, por teléfono, por correo electrónico o mediante plataformas de redes sociales.
- b. Puedes usar audio o video para grabar una entrevista.
- c. También puedes escribir o dibujar para registrar las ideas que compartan contigo.

### Consejos para hacer una entrevista

- a. Asegúrate de pedir permiso para registrar las respuestas de la persona.
- b. Pide permiso para compartir la entrevista con el resto de tu equipo, clase u otras personas de la comunidad. Las personas podrían estar más dispuestas a hablar si comparten su entrevista de manera anónima.
- c. Si sientes que alguien no respondió tu pregunta, no tengas miedo de volver a formularla de una manera diferente.
- d. Deja que la persona a quien estás entrevistando responda las preguntas de la manera que desee. Sé paciente. Escucha atentamente. Comprende que quizás vas a recibir respuestas inesperadas o de preguntas que no hiciste.

### Consejos de seguridad para entrevistar personas

Pide a tu profesor que te dé directrices. Este sabrá qué es lo más seguro en tu comunidad.



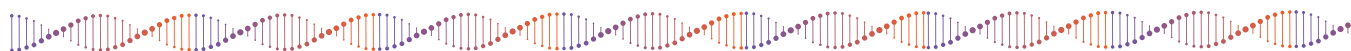
 **Consejo de seguridad física**

Nunca hagas una entrevista sin compañía y presta siempre atención a tu entorno. Recomendamos sugerir grabar la entrevista en un lugar público y tranquilo.

 **Consejo de seguridad emocional**

Puede ser difícil comunicarte con otras personas de la comunidad. Es posible que seas tímido o te pongas nervioso. Es posible que alguien te diga que no quiere hablar. ¡Está bien! No tiene nada que ver contigo. Simplemente significa que no quieren compartir. Puedes demostrarles respeto dándoles las gracias y, luego, seguir con otro miembro de la comunidad.

5. Examina los resultados de tus entrevistas con el resto de tu equipo.
  - a. ¿Qué respuestas comunes notaste?
  - b. ¿Alguien dijo algo que te sorprendió?
  - c. ¿Cómo crees que la información que recopilaste podría ser útil a la hora de tomar decisiones sobre datos genéticos?



**Actuar:** *¿Qué derechos tienen las personas, los científicos y las empresas con respecto a los datos genéticos?*

La biotecnología está cambiando rápidamente. Los investigadores ahora son capaces de recolectar y secuenciar muchas más muestras de ADN con mucha más rapidez. Cuando la ciencia se mueve rápidamente, a veces, las personas no tienen la oportunidad de pensar desde diferentes perspectivas sobre la forma en que se podría utilizar. En esta actividad, explorarás diferentes perspectivas sobre la posesión y el uso de los datos genéticos, y considerarás qué te gustaría compartir con los demás.

1. Con un compañero, comiencen por debatir lo que significa ser poseedor de algo. A continuación, debatan lo que significa poseer datos genéticos.
2. Ahora, lee las opiniones de Kadija. ¿Sus ideas te hicieron pensar de manera diferente sobre algo?





### Kadija dice lo siguiente. . .



Es posible que te interese la ciencia y que desees dar acceso a tu información genómica para un estudio de investigación por el bien común. Sin embargo, debido a que los parientes sanguíneos tienen información genética similar, también le estarías dando acceso a la información genética compartida de tu familia a ese proyecto de investigación. Es posible que algunos de tus familiares no deseen que se utilice su información como parte de esta investigación. Pero como tú sí lo desees, parte de su información se incluiría en un estudio de investigación.

3. Piensa en la pregunta de propiedad de *Uso de datos genéticos dos*. Con tu compañero, decide qué personas o grupos podrían pensar que tienen algo de posesión sobre los datos genéticos.
4. Con tu compañero, piensa en los siguientes posibles poseedores de ADN y respondan las preguntas en conjunto:
  - a. Persona individual:
    - Los datos genéticos son información almacenada en el ADN de una persona individual. ¿Una persona posee automáticamente sus propios datos?
    - ¿Posees los datos recopilados de las muestras que dejaste, como las muestras de saliva o cabello encontradas?
  - b. Parientes:
    - Su información genética es muy similar a la de tu familia y puede utilizarse para obtener mucha información sobre las personas emparentadas contigo. ¿Eso hace que los datos genéticos sean una posesión colectiva?
    - ¿Se te debería consultar antes de que tus familiares analicen su propio ADN?
    - ¿Deberías tener que preguntarles a tus familiares antes de analizar tu propio ADN?
  - c. Empresas privadas e instituciones de investigación pública:
    - Las instituciones privadas de investigación pueden **patentar** los genes que crean en un laboratorio. Una patente es una licencia del Gobierno que significa que una persona o empresa es propietaria de una invención durante un período. Esto ayuda a garantizar que puedan lucrar con su investigación. ¿Puede una empresa poseer datos genéticos?
    - ¿Los genes deberían estar patentados como otras cosas?



5. Divide tu equipo en tres grupos: Estos grupos considerarán tres de las cuatro perspectivas sobre las que aprendiste en la parte 1. Por ahora, no te preocupes por la perspectiva ambiental. En su lugar, asigna una de estas perspectivas a cada equipo:
  - a. La perspectiva **social** trata de la interacción de las personas en una comunidad. Desde esta perspectiva, la salud, la educación y el bienestar de las personas son lo más importante.
  - b. La perspectiva **económica** trata del dinero, los ingresos y el uso del capital. Desde esta perspectiva, el crecimiento económico, incluido asegurarse de que las personas tengan trabajos y suficiente dinero, es lo más importante.
  - c. La perspectiva **ética** trata de la justicia de algo. Desde esta perspectiva, hacer lo correcto y tener una comunidad en la que todas las personas reciben un trato justo es lo más importante.
6. Pide a cada grupo que utilice un papel grande o el pizarrón para enumerar sus ideas desde cada perspectiva. Escribe o dibuja las respuestas a estas preguntas:
  - a. Pensando en esta perspectiva, ¿cómo podrías querer usar los datos genéticos?
  - b. ¿Cuáles son las preocupaciones por el uso de datos genéticos desde esta perspectiva?
  - c. ¿Quién debe ser poseedor o debería ser considerado cuando piensas en los datos genéticos desde esta perspectiva?
7. Usa los pensamientos de Kadija como ayuda para considerar si hay algo que no hayas enumerado en tus hojas. Si lo hay, agrega esas ideas ahora.

*Kadija dice lo siguiente. . .*



Con los datos genéticos, la privacidad puede ser un privilegio al que solo algunas personas tienen derecho a acceder. Algunos organismos encargados del cumplimiento de la ley pueden recopilar información genética o biológica sobre personas que simplemente han sido arrestadas, ni siquiera condenadas, por un delito en particular. Quién puede tener “privacidad genética” puede ser diferente en algunos lugares, según a qué grupo social pertenecen o están asociadas las personas. Si estás en un grupo que, a veces, es un objetivo, compartir tu información genética puede ser riesgoso.



8. Si utilizaste un papel, pégalo con cinta adhesiva en una pared o en algún lugar donde las personas puedan examinarlo.
9. Desplázate y examina el trabajo de cada grupo. Si crees que es importante recordar algo de las listas o si deseas compartirlo con otras personas, busca una manera de marcarlo mediante un dibujo de estrella, un círculo, una marca de verificación u otro método.
10. Vuelvan a reunirse como equipo y examinen toda la información que su equipo pensó que era importante desde las tres perspectivas. ¿Cuáles son las nuevas perspectivas que deben considerar las personas, las empresas, los investigadores u otros grupos?
11. Elige una perspectiva importante que te gustaría compartir o recordar. Decide con quién deseas compartir esta perspectiva y crea una manera de hacerlo. Por ejemplo:
  - a. Si tú mismo quieres recordar información, puedes escribir una reflexión breve o dibujar una imagen que te ayude a recordar la perspectiva importante sobre la información genética.
  - b. Si deseas compartir con un familiar, puedes escribirle una carta en la que expliques la perspectiva que deseas compartir.
  - c. Si desea compartir con una empresa o con un grupo de investigadores, podrías redactar una publicación en las redes sociales y etiquetarlos. Si te sientes cómodo, puedes publicarla.
12. Conserva una copia de tus hojas de perspectivas para utilizarlas en la tarea 2.



## Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?

Al igual que los datos genéticos humanos, los datos genéticos del entorno se pueden recopilar de muchos lugares y utilizar de muchas maneras. El **ADN ambiental** es una muestra de todo el ADN de los numerosos seres vivos que están presentes en un entorno. En esta tarea, **descubrirás** cómo el ADN ambiental puede ayudarte a responder preguntas sobre las cosas que te rodean. Luego, utilizarás casos de estudio para **comprender** cómo se puede utilizar el análisis del ADN ambiental para investigar preguntas que van desde salud pública, a conservación hasta arqueología. Por último, **actuarás** sobre esta información mediante la creación de un experimento con ADN ambiental que considere diferentes perspectivas.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Irene Xagorarakis. Irene (pronunciado ai-RIN) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que utiliza biotecnología. Irene será tu mentora de investigación para ayudarte a entender cómo la biotecnología puede ayudarnos a aprender más sobre las personas y otros seres vivos que nos rodean.

Irene es profesora de ingeniería ambiental en la Universidad Estatal de Míchigan, en Estados Unidos. Tiene un doctorado en ingeniería ambiental. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Irene trabajará contigo, es importante que entiendas quién es.

Para eso, Irene completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Irene incluye lo siguiente.

- 52 años (nacida en 1970)
- Licenciatura de la Universidad del Egeo en Grecia y doctorado de la Universidad de Wisconsin-Madison
- Griega por nacimiento, ciudadana doble de EE. UU. y Grecia
- Femenino
- Vive en Míchigan, Estados Unidos
- Creta, en Grecia, es un lugar importante para ella y su familia
- Interesada en educación, ciencia, naturaleza y geopolítica

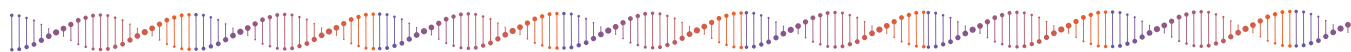


- Le gusta pasar tiempo en el agua, caminar por la naturaleza, hacer senderismo, practicar jardinería, tomar fotografías, completar rompecabezas, escuchar música en vivo, bailar y ver películas
- Ojos marrones, cabello castaño, apariencia mediterránea
- Amable, realista, concienzuda, graciosa
- Madre, esposa

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Irene.

- ¿Tienes algo en común con Irene?
- ¿En qué te diferencias de Irene?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Irene, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre el uso de datos genéticos?

En esta tarea, notarás que Irene comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



**Descubrir:** *¿Cómo podemos utilizar la biotecnología para aprender más sobre nuestro entorno?*

La Tierra y su sistema de muchos seres vivos son complejos. A veces, queremos tomar buenas decisiones para ayudar a las personas y al planeta, pero no tenemos suficiente información. Por ejemplo, quizá no sabemos cuáles o cuántos seres vivos hay en un lugar. A veces, el ADN ambiental puede ayudar a resolver este problema.

1. Lee las *Instrucciones de búsqueda de seres vivos* y sigue los pasos.

### **Instrucciones de búsqueda de seres vivos**

A veces, puedes observar un ser vivo directamente, por ejemplo, si ves una planta o un insecto. Otras veces, puedes utilizar otras evidencias para saber si un ser vivo ha estado en un lugar. Por ejemplo, una persona podría dejar artículos personales, como una chaqueta o un bolso. Otro ser vivo podría dejar huellas o heces (popó). En esta investigación, enumerarás todos los seres vivos que puedes observar directamente o de los que puedes encontrar evidencias.



### Elige un área de investigación

Elige un lugar para realizar tu investigación. No es necesario que sea muy grande. Si puedes utilizar una ubicación al aire libre, eso podría ser mejor. Sin embargo, incluso en un lugar cubierto, por lo general, hay muchos tipos diferentes de seres vivos. Busca un compañero y asegúrate de elegir un lugar donde ambos puedan desplazarse fácilmente.

### Identifica la evidencia

Piensa en lo que podrías usar como evidencia, por ejemplo, cosas que una forma de vida dejó, como un olor, comida, heces, hojas, marcas de garras, pelo, huellas, caminos, agujeros, hogares o nidos.

### Prepárate para observar

Saca un papel para hacer una lista de todos los seres vivos que observes o de los que encuentres evidencias. Dibuja dos columnas en tu lista. Etiqueta una como "Ser vivo" y la otra como "Evidencia". En la figura 5-5, se muestra un ejemplo.

Ser vivo	Evidencia

Figura 5-5: Lista de observaciones de muestras de seres vivos y sus evidencias.

Puedes usar cualquiera de tus sentidos para hacer observaciones en tu Lista de observaciones.

- Si ves un ser vivo, anótalo en la columna *Ser vivo* y, luego, escribe que lo viste bajo *Evidencia*.
- Si sabes qué ser vivo estuvo en un lugar debido a la evidencia que encontraste, anótalo en la columna *Ser vivo* y anota la evidencia en la columna *Evidencia*.
- Si puedes encontrar evidencia de un ser vivo, pero no sabes qué ser vivo la dejó, solo anótalo en la columna *Evidencia*.

### Haz tus observaciones

Escribe o dibuja las cosas que observes en tu Lista de observaciones.



## Analiza tus resultados

Con tu compañero, consideren lo siguiente:

- a. ¿Hay algún ser vivo que creas con seguridad que estuvo en tu área de estudio, pero no viste ni encontraste evidencias de su presencia? Por ejemplo, quizá hayas visto arañas en tu área de investigación anteriormente, pero hoy no encontraste ninguna.
- b. ¿Qué tendrías que hacer para asegurarte de encontrar evidencias de todos los seres vivos que pasaron por tu área de investigación?

2. Analicen en equipo:

- a. ¿Se te ocurre alguna manera en que la biotecnología podría ayudar a los investigadores a saber qué seres vivos han estado en un lugar?
- b. ¿Por qué crees que esto podría ser útil?

3. Lee *Encontrar ADN ambiental*.

### Encontrar ADN ambiental

Los científicos pueden utilizar el análisis de ADN ambiental para obtener una muestra de un lugar y averiguar qué seres vivos están presentes. Especialmente cuando los seres vivos son difíciles de encontrar o son microscópicos, esto puede darles mucha más información. Incluso pueden descubrir seres vivos que no sabían que estaban presentes.

El ADN ambiental se puede utilizar para recopilar información sobre muchos tipos diferentes de entornos. Las muestras de aire, agua, tierra, arena, hielo y nieve se pueden utilizar para el análisis de ADN ambiental. Por ejemplo, el aire puede tener pequeñas partículas de polen que contienen ADN, y el agua de un estanque puede tener pequeñas piezas de ADN de todas las cosas que viven en el estanque. El uso del ADN ambiental les da a los científicos una manera rápida y asequible de aprender sobre un entorno.

Para estudiar el ADN ambiental, los científicos a menudo atraviesan varios pasos:

- a. Obtener una muestra del ambiente.
- b. Extraer el ADN separándolo de todo lo demás en la muestra.
- c. **Amplificar** el ADN extraído o hacer muchas copias de este.
- d. Secuenciar el ADN.



- e. Comparar el ADN secuenciado con bases de datos de seres vivos para ver cuáles están en la muestra.

Recuerda en la tarea 1 cuando aprendiste sobre cómo los científicos recopilan genomas de referencia. Examina los pasos del ADN ambiental. ¿Por qué sería importante una base de datos de muchos genomas de referencia diferentes para ayudarte a identificar qué tipos de seres vivos están presentes?

4. Haz coincidir cada una de las investigaciones de la figura 5-6 con una o más ubicaciones en las que podrías tomar muestras de ADN ambiental. Comparte tus respuestas con tu equipo. ¿Los demás miembros de tu equipo están de acuerdo sobre la mejor ubicación para la muestra?

Investigación	Ubicación de la muestra
1. Uso del ADN ambiental para detectar las carpas <b>invasivas</b> , un tipo de pescado, en lugar de utilizar redes.	a. Arena
2. Uso del ADN ambiental para averiguar qué especie de aves vive en un área en lugar de etiquetarlas.	b. Aire
3. Uso del ADN ambiental para comprender la biodiversidad en áreas profundas del océano.	c. Nieve
4. Uso del ADN ambiental para averiguar si los seres humanos antiguos vivían en un lugar específico.	d. Agua
5. Uso del ADN ambiental para determinar la diversidad de animales terrestres en lugar de utilizar cámaras.	e. Tierra
6. Uso del ADN ambiental para evaluar la salud de las tortugas marinas en peligro de extinción en lugar de extraer su sangre.	f. Hielo
7. Uso del ADN ambiental extraído de muestras centrales de un glaciar de 20 000 años para averiguar cómo han cambiado las plantas que lo rodean.	g. <b>Sedimento</b> (material que se asienta en el fondo de un cuerpo de agua)
8. Uso del ADN ambiental para identificar más fácilmente las huellas de linces en la nieve, en lugar de utilizar la identificación de expertos.	

*Figura 5-6: Investigaciones en las que se utiliza ADN ambiental y los tipos de muestras que se podrían utilizar; ¿puedes emparejar la investigación con las mejores ubicaciones?*

5. Con tu compañero, piensa en las cosas que le faltaban a tu lista durante la búsqueda de seres vivos.
- a. ¿En qué parte de tu área de investigación necesitarías una muestra de ADN ambiental para encontrar evidencia de estos seres vivos?
  - b. ¿Qué tipos de cosas podrías descubrir acerca de tu área de investigación si tomaras muestras de ADN ambiental? Lee lo que dice Irene para darte ideas.

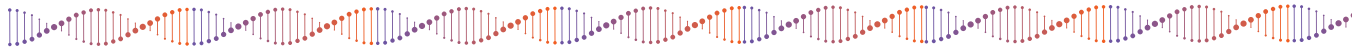




*Irene dice lo siguiente: . . .*



Existe una gran cantidad de información en el ADN ambiental. Puedes aprender muchas cosas; puedes ser un detective. Creo que es muy emocionante, ¡mucho diversión!



**Comprender:** *¿Qué tipos de problemas podemos identificar con los datos genéticos ambientales?*

Sabes que analizar el ADN ambiental puede darte más información sobre los seres vivos en un lugar específico. Pero ¿cómo utilizan los investigadores esta información? En esta tarea, explorarás cuatro maneras diferentes en que el ADN ambiental se utiliza en las investigaciones. Luego, diseñarás un experimento de investigación propio para tu comunidad local.

1. Toma un papel y escribe el título “Organizador de diseño experimental de ADN ambiental”. Dibuja seis filas y cinco columnas. Etiqueta las filas y columnas como se muestra en la figura 5-7. Utilizarás este documento como ayuda para recordar lo que aprendiste durante esta actividad. Si no tienes tiempo para realizar los cuatro casos de estudio, solo elige uno o dos para obtener más información sobre el ADN ambiental antes de diseñar tu propio experimento de ADN ambiental. Se puede encontrar más información sobre los experimentos prácticos descritos en los casos de estudio en el [StoryMap de ¡Bioteología!](#).

Organizador de diseño experimental de ADN ambiental				
Estudio	Tipo de ADN ambiental	Método de recolección	Análisis de los resultados	Toma de decisiones
Caso de estudio de especies invasivas				
Caso de estudio de salud pública				
Caso de estudio de conservación				
Caso de estudio de ADN antiguo				
Tu estudio				

Figura 5-7: Organizador de diseño experimental de ADN ambiental.



2. Lee el *Caso de estudio de especies invasivas* y utiliza la información que aprendas para completar tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.

### Caso de estudio de especies invasivas<sup>1</sup>

Imagina que eres un biólogo de plantas que estudia especies invasivas. Te preocupa que una planta llamada árbol del cielo comience a invadir una nueva área. El árbol del cielo es una planta invasiva de Asia que crece rápidamente y que desplaza especies nativas en Estados Unidos. Incluso envenena el suelo a su alrededor para que otras especies de plantas no puedan crecer. Cuanto antes encuentres el árbol del cielo invasivo, mejor será la oportunidad de eliminar las plantas antes de que se propaguen.

Deseas supervisar tu área de investigación para asegurarte de que no haya árboles del cielo. En este momento, los miembros de tu equipo salen y realizan una **inspección visual**, lo que significa que se mueven alrededor de un área en busca de diferentes tipos de árboles. Recientemente, aprendiste que el ADN ambiental se puede utilizar para analizar muestras de aire. Te preguntas si este método podría servir para detectar el polen de árboles invasivos y si sería un mejor método que una inspección visual.

Tu equipo completa una inspección visual. También recolectan muestras de ADN ambiental del aire para analizar. En la figura 5-8, se muestran sus resultados.

Especies de inspección visual	Especies del análisis de ADN ambiental
Sauce negro	Sauce negro
Mezquite dulce	Mezquite dulce
	Olmo de Siberia
	Árbol del cielo

Figura 5-8: Especies de árbol encontradas mediante una inspección visual y el análisis del ADN ambiental.

### **Análisis de los resultados**

Como científico, puedes utilizar tus resultados para responder las siguientes preguntas. Escribe o dibuja lo que piensas que es importante en tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*; luego, debate con tu equipo:

- ¿En qué se diferencian los resultados con un método de inspección visual y un método de análisis de ADN ambiental?
- ¿Detectaste las especies invasivas que estás estudiando?



- c. ¿Qué método te ayudó a detectar esa especie?
- d. Este estudio se realizó solo con árboles, pero ¿crees que el análisis de ADN ambiental funcionaría mejor que las encuestas visuales para detectar todos los tipos de plantas? ¿Para qué plantas podría no funcionar tan bien?
- e. ¿Qué concluirías? ¿El árbol del cielo está presente en tu área de investigación?

### Toma de decisiones

Los científicos y otros responsables de la toma de decisiones utilizan la información que han recopilado para tomar mejores decisiones. Utiliza lo que aprendiste para decidir qué acciones realizar a continuación, escribe o dibuja tus ideas en tu organizador y, luego, debate con tu equipo. Elige una opción. ¿Qué crees que debería hacer la comunidad?

- a. Tomar medidas para eliminar el árbol del cielo invasivo antes de que se extienda y perjudique el ecosistema local.
- b. No tomar medidas, ya que no se encontró el árbol del cielo durante la inspección visual.

Los científicos también deben decidir qué tipo de investigación harán a continuación. Elige una opción y debate tu razonamiento con tu equipo. ¿Qué crees que deberías hacer a continuación?

- a. Monitorear tu área de investigación en busca de todo tipo de plantas invasivas mediante inspecciones visuales.
- b. Monitorear tu área de investigación en busca de todo tipo de plantas invasivas mediante el análisis de ADN ambiental.
- c. Monitorear tu área de investigación en busca de todo tipo de plantas invasivas mediante inspecciones visuales y análisis de ADN ambiental.

3. Piensa en la manera en que se utilizó el ADN ambiental del aire en el *Caso de estudio de especies invasivas*. ¿Se te ocurre alguna otra forma de usar el ADN ambiental para considerar qué especies hay en tu comunidad? Si es así, escribe o dibuja tus ideas en la fila *Tu estudio* de tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.
4. Lee la descripción de Irene de otra fuente de ADN ambiental.



### Irene dice lo siguiente: . . .



¿Qué es **agua residual**? Las aguas residuales son una mezcla de agua que contiene excremento humano (cualquier cosa del inodoro), pero también mucho más. Cualquier cosa, desde la ducha, la lavadora, el lavavajillas, el fregadero, en la mayoría de las ciudades, incluso el agua pluvial y el agua industrial, termina en tus aguas residuales.

Las aguas residuales contienen **microorganismos**, como bacterias y virus, que provienen de seres humanos que han sido infectados por ellos. Estos microorganismos se diluyen en una gran cantidad de agua, donde también hay jabón para vajillas, agua pluvial, muchos productos químicos y muchas impurezas. Si buscas virus humanos en aguas residuales, es como buscar una aguja en un pajar. Debes concentrar y aislar los virus, lo que significa comenzar con un gran volumen de agua que contenga algunos virus humanos y terminar con un volumen más pequeño de agua que contenga la misma cantidad de virus. Luego, puedes tomar una submuestra de tu muestra concentrada y realizar la extracción de ADN ambiental. Después de un análisis molecular, puedes obtener los códigos genéticos de los virus que se encontraron en tu muestra. Esos códigos genéticos te dan indicaciones sobre las infecciones virales presentes en la población que produjo las aguas residuales.



Figura 5-9: Un investigador que trabaja en una instalación de aguas residuales.



5. Lee el *Caso de estudio de salud pública* y utiliza la información que aprendas para completar tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.

### **Caso de estudio de salud pública<sup>2</sup>**

Imagina que eres un investigador de salud pública durante la pandemia del COVID-19. Quieres saber cuándo el COVID-19 se está propagando ampliamente en tu comunidad para poder tomar decisiones. Cuanto antes puedas predecir que los casos de COVID-19 van a aumentar, más pronto podrás intentar ayudar.

Has escuchado sobre un método llamado vigilancia de aguas residuales. La vigilancia de aguas residuales consiste en utilizar el análisis de ADN ambiental para averiguar qué hay en las aguas residuales que provienen de inodoros, duchas, fregaderos, lavavajillas y lavadoras. Las aguas residuales pueden incluir ADN de las personas que viven en un lugar, así como ADN de virus, bacterias y otros seres vivos.

Tu equipo decide utilizar la vigilancia de aguas residuales durante un año, a partir de septiembre del 2020. Analizas la cantidad de **copias genómicas** del virus SARS-CoV-2, que causa el COVID-19. Las copias genómicas son copias de un tipo específico de gen en una muestra. La cantidad presente muestra que tan común es en una población. Por ejemplo, la cantidad de copias genómicas del virus SARS-CoV-2 debería mostrar cuán propagado está ese virus en una población.

Los resultados recopilados a través de la vigilancia de aguas residuales se muestran en la figura 5-10. El área de color azul sólido muestra la cantidad promedio semanal de casos de COVID-19 informados en varias comunidades del sureste de Michigan. La línea naranja muestra la cantidad de copias genómicas del virus SARS-CoV-2.



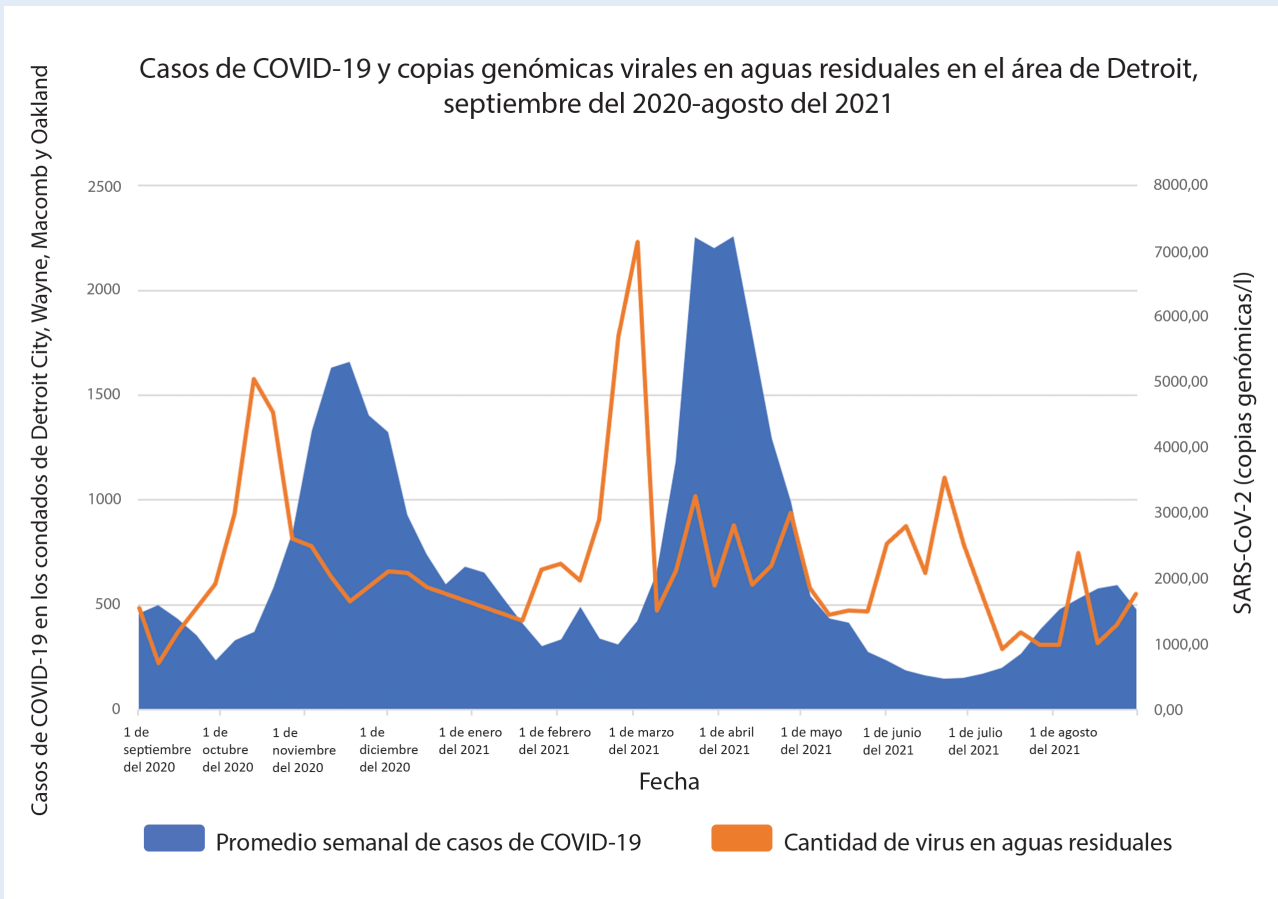


Figura 5-10: Total de casos de COVID-19 en el sureste de Michigan y cantidad de copias genómicas del virus encontradas en aguas residuales de la comunidad, septiembre del 2020 a agosto del 2021.

### Análisis de los resultados

Usa tus resultados para responder las siguientes preguntas. Escribe o dibuja lo que piensas que es importante en tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental; luego, debate con tu equipo:

- ¿Cuándo fueron los picos más altos de las copias genómicas del SARS-CoV-2?
- ¿Cuándo fueron los picos más altos de casos de COVID-19?
- ¿Qué patrones observas sobre los picos de las copias genómicas y los picos de los casos?
- ¿Aproximadamente cuánto tiempo pasó entre un pico de las copias genómicas y un pico de casos?



## Toma de decisiones

Los científicos y otros responsables de la toma de decisiones utilizan la información que han recopilado para tomar mejores decisiones. Imagina que es el final de agosto del 2021 y debes decidir qué hacer a continuación. Hay muchas herramientas que puedes utilizar a fin de prepararte para una enfermedad generalizada, como un aumento de pruebas, el uso de mascarillas y la contratación de más trabajadores médicos. Sin embargo, la comunidad solo desea tomar medidas de protección cuando es más importante. Decide qué medida crees que debe tomarse a continuación y registra tus ideas en el organizador. Luego, debate con tu equipo. Elige una opción. ¿Qué crees que debería hacer la comunidad?

- Prepararse para una disminución en los casos de COVID-19.
- Prepararse para un aumento en los casos de COVID-19.

- Lee lo que dice Irene. ¿Cuáles son algunas de las ventajas de utilizar aguas residuales para el análisis?

### Irene dice lo siguiente: . . .



Si deseas monitorear una enfermedad futura, ¿qué tan posible es obtener muestras clínicas de todas las personas de la comunidad y realizar pruebas para detectar todos los posibles patógenos? Te enfrentas a dos tareas imposibles: obtener muestras clínicas de todos los integrantes de la comunidad y realizar pruebas para detectar todos los posibles microorganismos patógenos con los que puedan estar infectados.

Así que pensé: “¿Cuál es la manera más fácil de recolectar una **muestra compuesta** de la comunidad?”. Una forma de hacerlo es recolectar aguas residuales. Puedes hacer pruebas complejas en una muestra compuesta que serían costosas y difíciles de realizar para cada persona.

- Piensa en la manera en que se utilizó el ADN ambiental en el *Caso de estudio de salud pública*. ¿Se te ocurre alguna forma de usar el ADN ambiental para la salud pública en tu comunidad? Si es así, escribe o dibuja tus ideas en la fila *Tu estudio* de tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.
- Lee el *Caso de estudio de conservación* y utiliza la información que aprendas para completar tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.



### Caso de estudio de conservación<sup>3</sup>

Imagina que eres un biólogo de conservación que estudia una población local de tortugas raras y en peligro. Te preguntas si los numerosos zorros locales (que no están en peligro) pueden estar comiendo tortugas y haciendo que la población de tortugas disminuya.

Tu equipo decide que estudiar las heces (popó) de los zorros sería la mejor manera de averiguar si los zorros se están comiendo a las tortugas.

Primero, decides obtener heces de zorro y examinar visualmente los restos de tortuga (huesos, escamas y caparazones) en las muestras. De las 212 muestras de heces que recolectaste, encuentras restos de otros animales pequeños, pero no encuentras partes reconocibles de tortuga.

Cero parece ser un número muy bajo, por lo que decides probar tus resultados usando el análisis de ADN ambiental en las muestras de heces. Esta vez, encuentras evidencia de ADN de tortuga en 27 de las 212 muestras de heces de zorros.

#### **Análisis de los resultados**

Usa tus resultados para responder las siguientes preguntas. Escribe o dibuja lo que piensas que es importante en tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental; luego, debate con tu equipo:

- a. ¿Por qué crees que encontraste evidencias de partes de tortugas en las heces de zorro solo a través del análisis de ADN ambiental?
- b. ¿Por qué esta información podría ser importante?

#### **Toma de decisiones**

Los científicos y otros responsables de la toma de decisiones utilizan la información que han recopilado para tomar mejores decisiones. Utiliza lo que aprendiste para decidir qué medidas tomar a continuación y registra tus ideas en tu organizador. Luego, debate con tu equipo. Elige una opción. ¿Qué crees que deberían hacer los conservacionistas a continuación?





- a. Tratar de desalentar que los zorros se coman las tortugas. Por ejemplo, podrías hacer que los zorros piensen que las tortugas saben mal usando tortugas falsas de mal sabor.
- b. No tomar medidas para evitar que los zorros coman tortugas, ya que parece que no es un gran problema.

9. Piensa en la manera en que se utilizó el ADN ambiental en el Caso de estudio de conservación. ¿Se te ocurre alguna forma de usar el ADN ambiental para la conservación en tu comunidad? Si es así, escribe o dibuja tus ideas en la fila *Tu estudio* de tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.
10. Lee el *Caso de estudio de ADN antiguo* y utiliza la información que aprendas para completar tu *Organizador de diseño experimental de ADN ambiental*.

### Caso de estudio de ADN antiguo<sup>4</sup>

Imagina que eres un arqueólogo que estudia los antepasados de los seres humanos modernos, los **homininos** antiguos. Estás interesado en saber dónde vivían diferentes tipos de homininos hace cientos de miles de años. Estás explorando dónde vivían los antiguos homininos, conocidos como denisovanos, en comparación con el lugar donde vivían los antiguos homininos conocidos como neandertales.

Extraes ADN ambiental de las capas de una caverna en Rusia. Las capas con números más altos en el gráfico tienen más profundidad. Las capas tienen los siguientes resultados:

Capa 11,2 (capa más superficial)	ADN denisovano (fósil)
Capa 11,4	ADN neandertal (fósil y sedimento)
Capa 12,1	ADN denisovano (fósil)
Capa 12,3	ADN neandertal (fósil)
Capa 14	ADN neandertal (sedimento)
Capa 15 (capa más profunda)	ADN denisovano (sedimento)

Figura 5-11: ADN ambiental de homininos encontrado en las capas de la caverna.



## Análisis de los resultados

Usa tus resultados para responder las siguientes preguntas. Escribe o dibuja lo que piensas que es importante en tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental; luego, debate con tu equipo:

- a. ¿Había evidencia de homínidos en la caverna?
- b. ¿Por qué el análisis de ADN ambiental fue útil para averiguar quién estaba en la caverna y cuándo?

## Toma de decisiones

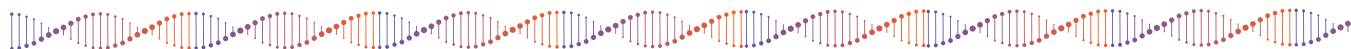
Los científicos y otros responsables de la toma de decisiones utilizan la información que han recopilado para tomar mejores decisiones. Utiliza lo que aprendiste para decidir qué acciones realizar a continuación y regístralo en tu organizador. Luego, analiza tus ideas con tu equipo. Elige una opción. Como arqueólogo, ¿qué deberías hacer?

- a. Solo realizar pruebas en busca de ADN ambiental en lugares donde ya se ha encontrado evidencia de homínidos.
- b. Realizar pruebas en busca de ADN ambiental incluso en lugares donde parece probable que haya evidencia de homínidos, incluso si no se han encontrado fósiles hasta el momento.

11. Piensa en la manera en que se utilizó el ADN ambiental en el Caso de estudio de ADN antiguo. ¿Se te ocurre alguna manera de utilizar el ADN ambiental para comprender la historia de las personas o de otros seres vivos en tu área? Si es así, escribe o dibuja tus ideas en la fila *Tu estudio* de tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental.
12. Examina tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental. Has aprendido cómo se utiliza el ADN en la ecología, la salud pública, la conservación y la arqueología. También hay otros usos. Si se te ocurre otra información que puedas descubrir mediante el análisis de ADN ambiental, escribe o dibuja esas ideas en tu organizador.
13. Elige una cosa que te gustaría aprender sobre tu área o comunidad mediante el análisis de ADN ambiental. Escribe o dibuja tus ideas en la fila *Tu estudio* de tu Organizador de diseño experimental de ADN ambiental.
14. Piensa en cómo diseñarías tu investigación y descríbela en tu organizador. Asegúrate de responder las siguientes preguntas:



- ¿Qué tipo de muestra de ADN ambiental usarías? Por ejemplo, suelo, aire, sedimento, arena, agua, nieve o hielo.
- ¿Cómo y dónde obtendrías la muestra?
- ¿Qué tipo de resultados esperarías obtener?
- ¿Qué podrías aprender y qué decisiones se podrían tomar a partir de este análisis de ADN ambiental?



**Actuar:** *¿Deberíamos utilizar la biotecnología para ayudar a identificar problemas en el medioambiente?*

El hecho de que el ADN ambiental se puede utilizar para averiguar información no siempre significa que se debe utilizar. En esta tarea, considerarás más ideas sobre la ética y otras perspectivas. También considerarás la importancia de involucrar a la comunidad local cuando tomes decisiones sobre la investigación que podrían afectarlos. Luego, utilizarás estas ideas para modificar tu experimento de ADN ambiental.

- Toma tu Lista de preocupaciones éticas de la parte 1 y recuerda cuáles eran esas preocupaciones.
- Ahora, piensa en el Caso de estudio de salud pública de la actividad Comprender. Analiza con tu equipo: ¿Notas alguna posible preocupación ética sobre la recopilación de ADN ambiental por razones de salud pública? Asegúrate de pensar en lo siguiente:
  - Privacidad: Al recolectar muestras de aguas residuales, podría ser posible obtener muestras del lugar donde un hogar se conecta al sistema de alcantarillado. Si se analizara esa muestra, revelaría información sobre las personas que viven en ese hogar, incluidos sus datos genéticos y cualquier enfermedad que esté presente. ¿Es esto una preocupación?
  - Justicia: Podrías examinar la prevalencia general o el riesgo de ciertas enfermedades en determinadas comunidades. Si bien esto puede ser útil para ayudar a diseñar formas de ayudar a la comunidad, ¿qué pasaría si las empresas de seguros de salud o de vida utilizaran esa información para cobrarles a las personas que viven en la comunidad tarifas más altas? ¿Es esto una preocupación?
- Con tu equipo, analicen las reglas o los enfoques que podrían ayudar a abordar cualquier preocupación ética. Lee lo que dice Irene para saber cómo su grupo de investigación aborda el problema de la privacidad. ¿Crees que es un buen enfoque?



4. Vuelve a pensar en los otros casos de estudio. ¿Se te ocurren otras preocupaciones éticas?

***Irene dice lo siguiente: . . .***



El problema de la privacidad es muy importante. Para asegurarnos de abordarlo, recolectamos muestras de lugares que incluyen las aguas residuales de miles de personas. No estamos viendo lo particular y nos enfocamos en la escala general. No nos centramos en los hogares específicos de los que proviene el agua residual. Nos centramos en una población de una ciudad o de un condado en su totalidad. De esa manera, nadie que observe nuestros resultados puede identificar un hogar o una persona específicos.

5. Examina las tres hojas de perspectivas en las que trabajaste en grupo durante la tarea 1. ¿Hay algo que te gustaría agregar a las perspectivas sociales, económicas o éticas sobre la forma en que los datos genéticos se pueden o se deben utilizar?
6. Ahora, con tu equipo, crea una hoja para la cuarta perspectiva: ambiental. Escribe o dibuja las respuestas a estas preguntas:
- ¿Cuáles son los usos importantes de los datos genéticos desde esta perspectiva?
  - ¿Hay alguna preocupación por el uso de datos genéticos desde esta perspectiva?
  - ¿Quién debe ser poseedor o debería ser considerado cuando piensas en los datos genéticos desde esta perspectiva?
7. Observa el experimento de ADN ambiental que diseñaste en la actividad Comprender. Míralo detenidamente. ¿Hay alguna preocupación potencial que observes desde alguna de las cuatro perspectivas? Si es así, crea una manera de abordar esas preocupaciones.
8. Ahora, elige a otras tres personas de tu equipo y explícales los planes de tu experimento. A continuación, cambien de rol. Cuando los investigadores



diseñan una investigación comunitaria, deben asegurarse de prestar atención a las opiniones y sentimientos de las personas que viven en la comunidad. Las encuestas, las reuniones con líderes de la comunidad y una asamblea con el público pueden ayudar con este proceso. Al explicar tus ideas a tu equipo, aprenderás sobre las perspectivas de las otras personas de tu comunidad de manera limitada.

9. Cuando un compañero de equipo te explique su experimento, piensa cuidadosamente.  
¿Tendrías alguna preocupación adicional? Si es así, comparte tus ideas con tus compañeros de equipo.
10. Después de recibir comentarios de la comunidad de tu equipo, examina tu experimento nuevamente. ¿Hay algo que te gustaría cambiar? ¿Qué puedes hacer para abordar cualquier preocupación?
11. Si te sientes cómodo, presenta tu idea de investigación a tu comunidad. Puedes usar un afiche, dar una charla o usar otra forma creativa de compartir tu experimento con tu clase, escuela u otro espacio local. Analiza:
  - a. ¿Qué pregunta elegiste para responder usando el ADN ambiental?
  - b. ¿Cómo diseñaste tu experimento?
  - c. ¿Cómo has considerado las cuatro perspectivas, incluida la perspectiva ética, y has realizado cambios debido a estas perspectivas?

## ¡Felicitaciones!

### Terminaste la parte 5.

**¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**Acceso abierto:** Cuando otros usuarios pueden acceder libremente a un elemento

**ADN ambiental:** Una muestra de todo el ADN de los numerosos seres vivos que están presentes en un entorno

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Aguas residuales:** Agua y desperdicios combinados producidos por el uso de inodoros, duchas, fregaderos, lavavajillas y lavadoras

**Amplificar:** Hacer muchas copias de algo

**Ascendencia:** Información sobre tus antepasados, como las partes del mundo de las que provienen

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Copias genómicas:** Copias de un tipo específico de genoma

**Datos genéticos:** La información en un genoma

**Desidentificado:** Datos que se pueden utilizar para investigaciones sin tener nombres u otra información que pueda identificar de dónde provienen los datos

**Económico:** Relacionado con el dinero, los ingresos o el uso del capital



**Ético:** Justicia de algo.

**Genoma de referencia:** Las secuencias genéticas más comunes en una población

**Genoma:** La secuencia de ADN completa de un ser vivo

**Hominino:** Una especie estrechamente relacionada con los seres humanos modernos

**Inspección visual:** Moverse alrededor de un área en busca de un tipo de ser vivo

**Invasivo:** No nativo de un área

**Microorganismos:** Seres vivos que son demasiado pequeños para verlos sin un microscopio

**Muestra compuesta:** Una mezcla de muestras individuales

**Patente:** Una licencia del Gobierno que significa que una persona o empresa es propietaria de una invención durante un período

**Prueba directa al consumidor (DTC):** Cuando una persona paga a una empresa para recopilar datos sobre su ADN

**Secuenciación de próxima generación:** Una forma de secuenciar el ADN mucho más rápido mediante la lectura de muchas secuencias a la vez y, luego, su uso para el armado de toda la secuencia genómica

**Sedimento:** Material que se asienta en el fondo de un cuerpo de agua

**Social:** La interacción de las personas en la comunidad y su educación, salud y bienestar

**Variantes:** Genes con una o más diferencias



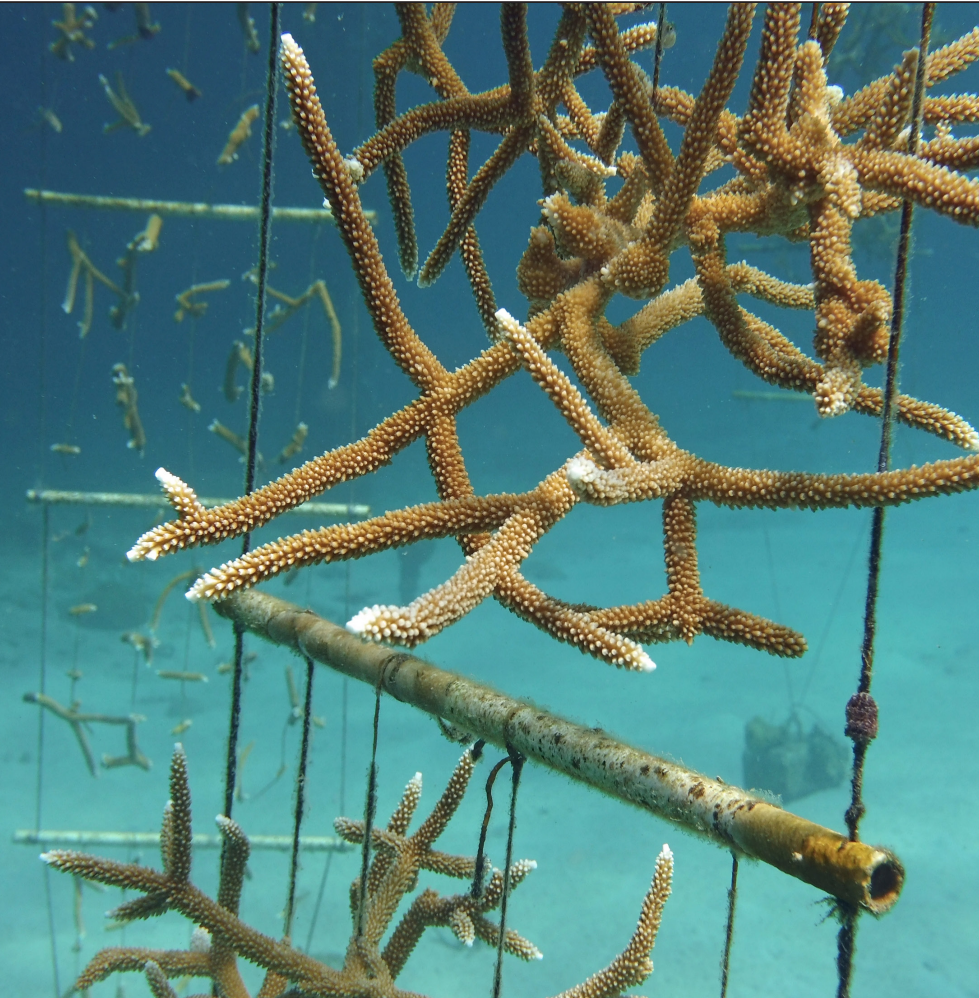
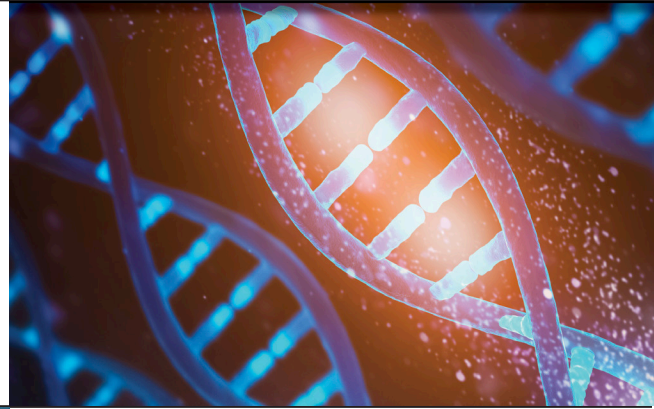
## Notas finales

1. Johnson, Mark D., Mohamed Fokar, Robert D. Cox y Matthew A. Barnes. 2021. La meta codificación de barras del ADN ambiental en el aire detecta más diversidad, con menos esfuerzo de muestreo que una encuesta tradicional de la comunidad de plantas. *BMC Ecology and Evolution* 21, n.º 1: 1-15. Obtenido de <https://bmcecolevol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12862-021-01947-x#Fig5>.
2. Zhao, Liang, Yangyang Zou, Yabing Li, Brijen Miyani, Maddie Spooner, Zachary Gentry, Sydney Jacobi, et al. 2022. Advertencia de cinco semanas de picos del COVID-19 antes del aumento de Ómicron en Detroit, Míchigan, mediante la vigilancia de aguas residuales. *Science of the Total Environment* 844: 157040. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722041377?via%3Dihub#s0105>.
3. Parker, Lillian D., Jessica D. Quinta, Isabel Rivera, Brian L. Cypher, Erica C. Kelly, Michael G. Campana, Robert C. Fleischer, Ryan Boarman, William I. Boarman y Jesús E. Maldonado. 2022. Los análisis genéticos son más sensibles que la inspección morfológica en la detección de la presencia de la tortuga del desierto Mojave (*Gopherus agassizii*), una especie en peligro, en las heces de cánidos y en desechos de cuervos. *Conservation Science and Practice*: e12689. Obtenido de <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/csp2.12689>.
4. Slon, Viviane, Charlotte Hopfe, Clemens L. Weiß, Fabrizio Mafessoni, Marco De La Rasilla, Carles Lalueza-Fox, Antonio Rosas, et al. 2017. ADN neandertal y denisovano proveniente de sedimentos del período del Pleistoceno. *Science* 356, n.º 6338: 605-608. Obtenido de <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam9695>.





# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 6: Biotecnología y medioambiente

**SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

## Aviso de derechos de autor

© 2022 Instituto Smithsoniano

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## Aviso de derechos de autor

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsoniano de Educación Científica.

El Centro Smithsoniano de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 6. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsoniano de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladores del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson, Logan Schmidt

Pasantes contribuyentes

Sarah Gallegos

Songhan Pang

Vittal Sivakumar

Mentores de investigación

Dra. Susie Yuan Dai

Dra. Mary Hagedorn

Revisores técnicos

Ben J. Novak

Dr. Joshua Yuan

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsoniano de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## Crédito de las imágenes

Portada: SkyF/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-1: Tamir Bayarsaikhan/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-2: Marzia Camerano/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-3: Besiki Kavtaradze/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-4: Олег Копьев/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-5: Logan Schmidt, Centro Smithsoniano de Educación Científica

Figura 6-6: Logan Schmidt, Centro Smithsoniano de Educación Científica

Figura 6-7: Renato Borlaza/iStock/Getty Images Plus; Maksim Ankuda/iStock/Getty Images Plus; wissanu99/iStock/Getty Images

Plus; Sonia Rubert/iStock/Getty Images Plus; Václav Křivský/iStock/Getty Images Plus; Maksim Ankuda/iStock/Getty Images

Plus; Nubenamo/iStock/Getty Images Plus; Nubenamo/iStock/Getty Images Plus; Nubenamo/iStock/Getty Images Plus;

Maksim Ankuda/iStock/Getty Images Plus; Maksim; Ankuda/iStock/Getty Images Plus; da-vooda/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-8: Judith Dzierzawa/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-9: vlad61/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-10: Davis Ladd/iStock/Getty Images Plus

Figura 6-11: Songhan Pang, Centro Smithsoniano de Educación Científica; Austin Gibson

Figura 6-12: Songhan Pang, Centro Smithsoniano de Educación Científica

Figura 6-13: Songhan Pang, Centro Smithsoniano de Educación Científica

Figura 6-14: Songhan Pang, Centro Smithsoniano de Educación Científica; Austin Gibson

Figura 6-15: Songhan Pang, Centro Smithsoniano de Educación Científica; Austin Gibson

Figura 6-16: Kerry Hargrove/iStock/Getty Images Plus



## PARTE 6: BIOTECNOLOGÍA Y EL MEDIOAMBIENTE

Planificador	210
<b>Tarea 1:</b> ¿Cómo puede la biotecnología hacer que nuestras comunidades sean más limpias?	211
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo afectan los desechos y la contaminación a mi comunidad?	212
<b>Comprender:</b> ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a resolver problemas de desechos y contaminación en una comunidad?	217
<b>Actuar:</b> ¿Cómo puedo resolver los problemas de desechos y contaminación en mi comunidad?	223
<b>Tarea 2:</b> ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a restaurar la biodiversidad en los ecosistemas?	228
<b>Descubrir:</b> ¿Cuáles son los problemas de biodiversidad causados por las personas?	229
<b>Comprender:</b> ¿Las herramientas de biotecnología pueden ayudar con la conservación?	237
<b>Actuar:</b> ¿Cómo deberíamos utilizar la biotecnología para tener un impacto sobre los ecosistemas?	241
Glosario	246

### ***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología hacer que nuestras comunidades sean más limpias?</b>					
<b>Descubrir</b>	Observa la contaminación del aire, la tierra o el agua en tu comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> </ul>		45 minutos + tiempo de observación	212
<b>Comprender</b>	Crea un modelo de diferentes problemas de contaminación y cómo la biotecnología puede ayudar a mejorarlos. A continuación, aplica lo que has aprendido a un problema que hayas observado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> <li>• Tijeras</li> </ul>	Impresión de la figura 6-5 (opcional)	40 minutos	217
<b>Actuar</b>	Considera diferentes perspectivas sobre cómo podrías abordar el problema que identificaste y crear un plan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> </ul>		50 minutos	223
<b>Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a restaurar la biodiversidad en los ecosistemas?</b>					
<b>Descubrir</b>	Ejemplifica la importancia de la diversidad genética para un ecosistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> <li>• Tijeras</li> </ul>	<u>Mapa de identidad</u> (parte 1)  Impresión de las figuras 6-11 y 6-12 (opcional)	30 minutos	229
<b>Comprender</b>	Investiga el potencial de la biotecnología para restaurar la biodiversidad en los ecosistemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> <li>• Tijeras</li> </ul>	Impresión de las figuras 6-13 y 6-14 (opcional)	20 minutos más el tiempo de investigación	237
<b>Actuar</b>	Crea un conjunto de reglas sobre el uso de la biotecnología para fomentar la conservación. Comparte estas reglas o un plan de conservación que crees con otras personas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices o bolígrafos</li> </ul>		20 minutos + tiempo de acción	241



## Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología hacer que nuestras comunidades sean más limpias?

En esta tarea, **descubrirás** lo que ya sabes sobre los problemas relacionados con los desechos y la contaminación en tu comunidad. Luego, crearás un modelo para **comprender** cómo se puede utilizar la **biotecnología** para ayudar a reducir o eliminar los desechos y la contaminación. Por último, **actuarás** para elegir y sugerir algunas de estas soluciones a tu comunidad.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Susie Dai. Susie (pronunciado SU-si) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan utilizar la biotecnología para ayudar al medioambiente. Su equipo trata de encontrar maneras de utilizar los seres vivos, como hongos y bacterias, para descomponer las sustancias químicas perjudiciales en el medioambiente.

Susie es científica e investigadora en la Universidad A&M de Texas, en Estados Unidos. Tiene un doctorado en química. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su **identidad**. Dado que ahora Susie trabajará contigo, es importante que la conozcas.

Para eso, Susie completó un mapa de identidad, como tú lo hiciste en la parte 1. El mapa de identidad de Susie incluye lo siguiente.

- 41 años
- Mujer asiática
- Vive en Texas
- Es una madre trabajadora
- Nació en China y aún tiene parientes allí, pero su familia vive en EE. UU.
- Le gusta la ciencia, la ingeniería y la poesía; disfruta de leer y escribir
- Es de estatura baja, con cabello negro, y usa anteojos o lentes de contacto
- “Me sentía muy mal por ser baja cuando era joven. Adquirí más confianza después de entrar al mundo profesional. Cómo te ves no representa quién eres; lo que haces es lo que te caracteriza”.

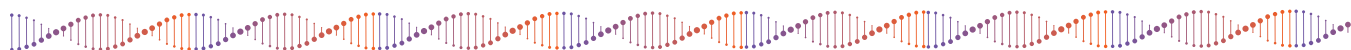


- Es una persona divertida y le encanta el humor. “Pienso que el trabajo duro es como la sal, hace que la vida sea sabrosa; el amor es el azúcar, hace que la vida sea dulce; el humor es el haz de luz, hace que la vida sea agradable”.
- Es la planificadora de su familia. “También hago trabajo voluntario en eventos comunitarios a los que creo que mi experiencia puede contribuir; de lo contrario, sigo a los líderes de la comunidad. No debe haber muchas manos en un plato”.
- Consejos para los jóvenes: “Nunca olviden lo que les interesa cuando están en la escuela. Las preguntas que hacen a esta edad son preguntas importantes. Deben buscar esas respuestas durante su vida. ¡Los animo a todos a siempre hacer preguntas!”.

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Susie.

- ¿Tienes algo en común con Susie?
- ¿En qué te diferencias de Susie?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Susie, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre el medioambiente?

En esta tarea, notarás que Susie comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** *¿Cómo afectan los desechos y la contaminación a mi comunidad?*

La mayoría de las comunidades tienen algún tipo de desecho o **contaminación**. Los desechos y la contaminación pueden constar de basura plástica, aceites mecánicos o de cocina usados, alimentos sobrantes o sin usar, humo o **smog**, sustancias químicas perjudiciales u otros materiales. Los desechos y la contaminación se pueden encontrar en el aire, la tierra y el agua. En esta actividad, tú y tu equipo observarán los desechos y la contaminación que ya existen en tu comunidad.

1. Sacar un papel. Piensa en las siguientes preguntas y dibuja o escribe tus respuestas.
  - a. ¿Dónde has notado que hay desechos o contaminación en tu comunidad?
  - b. ¿Crees que puedes hacer que esas partes de tu comunidad sean más limpias? ¿Por qué?



2. Lee los comentarios de Susie. Ella explica los tipos de desechos y contaminación que más le preocupan en las comunidades.

### *Susie dice lo siguiente: . . .*



Muchos gobiernos, incluido el Gobierno de Estados Unidos, tienen normas para garantizar que el agua potable sea segura. Puedes visitar el sitio web de la Agencia de Protección Ambiental y encontrar una larga lista de **contaminantes** que forman parte de esas normas. Podrías decir: “Oh, este pesticida está en esa lista, por lo que no debería encontrarlo en el agua pública que bebo”.

Sin embargo, existen otros productos químicos que los seres humanos producen constantemente que aún no están en las normas. Los llamamos contaminantes **emergentes**. Ahora me enfoco en esos contaminantes emergentes. Uno de estos contaminantes son las PFAS o sustancias polifluoroalquiladas. Las PFAS también se conocen como productos químicos “eternos”, debido al tiempo que demoran en descomponerse.

3. Ahora harás algunas observaciones sobre los desechos y la contaminación en tu comunidad. Elige un compañero o un grupo pequeño y elige una de las observaciones enumeradas en *Observaciones de la comunidad* para completarla en tu comunidad.

### **Observaciones de la comunidad**

Asegúrate de que tu equipo se divida lo más uniformemente posible en tres grupos para realizar sus observaciones. Cada grupo observará el aire, el agua o la tierra.

Para hacer las observaciones, puedes desplazarte por tu área local o recopilar información usando mapas, fotografías, publicaciones de las redes sociales, conversaciones con miembros de la comunidad u otro método que funcione bien para tu equipo. Elige un tipo de investigación que permita a todos los miembros del equipo participar. También puedes elegir el área que quieres observar. Puede ser solo un área pequeña alrededor de tu escuela o puede ser un área más grande, como tu vecindario o tu ciudad.



Recuerda que tu tarea es solo observar y prestar atención. No hay problema si no puedes responder todas las preguntas de tu sección. Está bien si notas algo que te causa curiosidad o que te hace querer saber más. Está bien si notas solo un problema en tu comunidad. Solo estás recopilando toda la información que puedas sobre tu comunidad.

### Observación n.º 1: Aire

Intentarás notar cualquier desperdicio o contaminación en el aire de tu comunidad. Utiliza las siguientes sugerencias como ayuda para hacer tus observaciones.

- ¿Hay algún lugar donde los automóviles, camiones u otros vehículos esperen mientras sus motores están encendidos (como un estacionamiento de autobuses o una zona de subida/bajada de pasajeros)?
- ¿Hay calles con mucho tráfico durante ciertas horas del día?
- ¿Hay días en que haya smog o humo?
- ¿Puedes determinar de dónde provienen el smog y el humo?
- ¿Es difícil respirar o hacer ejercicio en tu comunidad?
- ¿Hay fábricas, sitios de construcción u otros espacios en tu comunidad que liberen humo, polvo u otros tipos de contaminantes del aire?
- ¿Observas algún indicio de humo, smog o contaminación en estatuas, monumentos o edificios de la comunidad?
- ¿Hay alguien de tu comunidad que ya esté tratando de mejorar la contaminación del aire? ¿Qué está haciendo para ayudar?



Figura 6-1: Una ciudad con mucha contaminación del aire.





## Observación n.º 2: Tierra

Intentarás notar cualquier desperdicio o contaminación en la tierra de tu comunidad. Utiliza las siguientes sugerencias como ayuda para hacer tus observaciones.

- ¿Hay algún lugar donde el suelo se haya excavado, levantado o alterado, como sitios de construcción, jardines o granjas?
- ¿Hay lugares, como restaurantes, talleres de reparación de automóviles, gasolineras o fábricas, donde notes que hay líquidos o sólidos de esas empresas que se filtren en el suelo?
- ¿Dónde se llevan los desechos de alimentos en tu comunidad?
- ¿Hay lugares con edificios abandonados, o donde las personas descargan electrodomésticos, automóviles o productos electrónicos?
- ¿Hay lugares donde la basura no se recoge? ¿Hay lugares con mucha basura?
- ¿Se han cortado árboles recientemente en tu comunidad?
- ¿Hay áreas en tu comunidad que huelan mal o diferente?
- ¿Hay alguien de tu comunidad que ya esté tratando de mejorar los desechos y la contaminación en la tierra? ¿Qué está haciendo para ayudar?



Figura 6-2: Equipos de construcción excavando en un área de tierra.



### Observación n.º 3: Agua

Intentarás notar cualquier desperdicio o contaminación en el agua de tu comunidad. Utiliza las siguientes sugerencias como ayuda para hacer tus observaciones.

- Cuando llueve, ¿a dónde va el agua de tu comunidad?
- ¿Hay espacios **impermeables**, es decir, espacios donde el agua no pueda ser absorbida por el suelo (como el pavimento)?
- ¿Tu comunidad tiene arroyos, ríos, estanques, lagos, humedales o **embalses**?
- ¿Hay lugares con agua estancada después de una lluvia o lugares que tardan mucho tiempo en drenarse?
- Piensa en la calle donde vives o en la calle donde está tu escuela.
  - ¿Sabes en qué dirección fluye el agua cuando llueve?
  - ¿Tu comunidad tiene drenajes pluviales?
  - ¿Sabes dónde termina el agua de los drenajes pluviales?
- ¿Hay edificios, empresas, fábricas, vertederos o sitios de construcción que tengan materiales, productos químicos, basura o desechos de alimentos que puedan ingresar al agua de tu comunidad durante una lluvia intensa?
- ¿Hay alguien de tu comunidad que ya esté tratando de mejorar los desechos y la contaminación del agua? ¿Qué está haciendo para ayudar?



Figura 6-3: Agua que fluye hacia un drenaje pluvial.



4. Primero piensa para ti y, luego, debate con un compañero:
  - a. ¿Cómo te hace sentir lo que notaste durante tus observaciones?
  - b. ¿Hay algún problema que desees resolver más que otros?
5. Lee lo que Susie dice, la cita sobre su investigación y por qué hace este trabajo.
  - a. ¿De qué manera observar un problema ayudó a motivar a Susie?

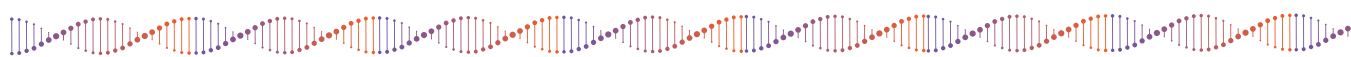
### Susie dice: . . .



Muchas personas en los Estados Unidos tienen acceso a agua potable segura. Pero no podemos olvidar que algunas personas no lo tienen. Esas personas pueden depender de **agua sin procesar**, que es agua que no se ha tratado para eliminar contaminantes. Por ejemplo, el 10 % de la población de EE. UU. depende de pozos privados para obtener su agua potable.

Eso me hizo participar en mi investigación actual, que tiene dos partes. Una parte es tratar de entender hasta qué punto las personas están expuestas a productos químicos **tóxicos** en el medioambiente. La otra parte es tratar de entender cómo **mitigar** y abordar esos riesgos.

Es importante comprender cómo podemos limitar los contaminantes. No estoy diciendo que dejaremos de producir productos químicos. Pero nosotros, como seres humanos, debemos hacernos responsables del manejo de las cosas que producimos. Tenemos que ver lo que agregamos en el medioambiente y buscar soluciones para **remediar** esos contaminantes.



### **Comprender:** ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a resolver problemas de desechos y contaminación en una comunidad?

En la actividad Descubrir, tú y tu clase hicieron observaciones sobre los desechos y la contaminación en el aire, la tierra y el agua de tu comunidad. En esta actividad, modelarás una comunidad que tiene problemas con la contaminación y los desechos en el aire, la tierra y el agua. Aprenderás cómo la biotecnología puede ayudar con estos problemas mediante algo denominado **biorremediación**. La biorremediación consiste en utilizar los seres vivos para corregir, detener o revertir los daños al medioambiente.



1. Elige un compañero o un grupo pequeño.
2. Saca una hoja de papel o abre un nuevo documento digital.
3. Lee los Problemas comunitarios relacionados con los desechos y la contaminación y elige un problema que te interese o que sientas que es más importante para ti y tu grupo.

### Problemas comunitarios relacionados con los desechos y la contaminación

En esta sección, se describen varios problemas de desechos y contaminación que una comunidad podría tener.

**Edificio abandonado:** Un edificio abandonado tiene pintura de plomo en sus paredes interiores y exteriores. La pintura de plomo se ha descascarado del edificio y ha entrado en el suelo cerca del edificio. Cuando llueve, parte de ese suelo lleno de plomo es arrastrado.

**Área de compras:** Un área de compras tiene caminos, aceras y estacionamientos pavimentados. Estas superficies son impermeables, lo que significa que el agua de lluvia no puede absorberse. Durante las tormentas, el agua de lluvia ingresa a los drenajes pluviales. El agua de lluvia contiene residuos y contaminación, como aceite de motor, desechos de mascotas, pequeños trozos de goma de los neumáticos de los autos y colillas de cigarrillos.



Figura 6-4: El agua de este camino pavimentado se drena en un área con césped.



**Sitio de construcción:** Un sitio de construcción está excavando un gran agujero para un nuevo edificio. La excavación del suelo libera parte del **dióxido de carbono** que estaba atrapado en el suelo. Y algunos de los vehículos de construcción liberan dióxido de carbono de sus motores. El dióxido de carbono es una de las causas del cambio climático global.

**Campo de atletismo:** La comunidad utiliza un producto químico llamado **herbicida** para evitar que crezcan malezas en los campos atléticos de césped. El agua arrastra el herbicida durante las lluvias intensas e ingresa a los ríos, arroyos y drenajes pluviales locales.

**Patios y parques:** Las personas de la comunidad utilizan **pesticidas** químicos para reducir o eliminar a los mosquitos en sus patios y parques. Sin embargo, esos pesticidas pueden matar muchos otros tipos de insectos, como las abejas y las mariquitas. También pueden causar el envenenamiento accidental de aves, gatos, perros, peces y otros animales.

**Estacionamiento de autobuses:** Se utiliza un estacionamiento con cercas para almacenar todos los autobuses escolares de la comunidad. Los autobuses operan sus motores cuando salen, en los tiempos de espera y cuando regresan, y contaminan el aire. Hay fugas de aceite de motor que caen de los autobuses. Cuando los autobuses se lavan, el jabón y otros tipos de productos de limpieza terminan en el pavimento y se filtran en los drenajes pluviales.

**Caminos y techos de asfalto:** Los caminos de la comunidad están hechos con un material llamado asfalto. Algunos techos de casas y de edificios también tienen tejas de asfalto. En días calurosos y soleados, el asfalto se calienta y puede liberar contaminación al aire.

**Estanque:** Hay un estanque en la comunidad cerca del área de compras y del edificio abandonado. Parte del agua de estas áreas entra en el estanque cuando llueve.

4. Anota o dibuja el problema que seleccionaste en tu papel. Puedes utilizar el título del problema, la descripción, un símbolo, una ilustración u otra marca para representar el problema que elegiste. Por ejemplo, si eliges el área de compras, puedes dibujar una bolsa de compras y un automóvil estacionado.
5. Lee cada una de las *tarjetas de soluciones de biorremediación* en la figura 6-5. Utilizarás una o más de estas soluciones para tratar de resolver el problema que elegiste en tu modelo.
6. Si es posible, imprime la figura 6-5 y recorta cada tarjeta de solución. Solo necesitas un conjunto de *tarjetas de solución de biorremediación* para cada grupo. También puedes leer las soluciones aquí y usar los íconos para registrar tus ideas.



## Tarjetas de soluciones de biorremediación



### Jardín de lluvia

Un jardín de lluvia es un grupo de plantas que pueden absorber y filtrar rápidamente los **derrames** de los techos, las entradas de los garajes y las aceras. Las plantas atrapan el agua y ayudan a que se absorba en el suelo más rápidamente. Los jardines de lluvia reducen la cantidad de agua estancada donde los mosquitos se pueden reproducir. Las plantas, los hongos y las bacterias en el jardín también pueden filtrar algunos de los **contaminantes** del agua. Esto ayuda a mantener la contaminación fuera de los drenajes y vías fluviales.



### Árbol perenne

Este tipo de árbol puede atrapar la contaminación del aire en sus hojas tipo aguja, ramas y tronco. Los árboles perennes tienen hojas durante todo el año. Al igual que todas las demás plantas, un árbol perenne absorbe el dióxido de carbono del aire. Debido a que es muy alto y que está vivo durante todas las estaciones, puede absorber una gran cantidad de dióxido de carbono con el tiempo.



### Girasol

Esta planta utiliza sus raíces para absorber metales pesados, como el plomo, del suelo. Al igual que el árbol perenne, también absorbe dióxido de carbono. Sin embargo, los girasoles mueren cuando la temperatura es muy fría.



### Jacinto de agua

Este tipo de planta vive en el agua. Puede eliminar los metales pesados, como el plomo, del agua. También puede eliminar los contaminantes del agua. Crece increíblemente rápido.



### Plantas de cobertura

Estas son plantas que se siembran en suelos desnudos, como campos de granjas vacíos o sitios de construcción. Un ejemplo es la planta de mostaza. Estos tipos de plantas evitan que la lluvia arrastre la tierra, la contaminación y los metales pesados. También pueden absorber materiales perjudiciales y eliminarlos del suelo. Además, pueden sacar dióxido de carbono del aire y ayudar a atraparlo en el suelo.

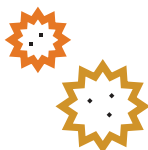
Figura 6-5: Soluciones de biorremediación para problemas de desechos y contaminación. (continuación)





### Bacterias acuáticas

Ciertos tipos de bacterias pueden eliminar la contaminación y los desechos del agua, como el aceite de motor o el excremento de seres humanos u otros animales. Estas bacterias descomponen la contaminación y los desechos en materiales que no son perjudiciales.



### Bacterias del suelo

Ciertos tipos de bacterias pueden ayudar a eliminar los metales pesados, como el plomo, del suelo. Utilizan los metales pesados para obtener energía y los descomponen en materiales que no son dañinos. A veces, este proceso puede tardar mucho tiempo.



### Bacterias genéticamente modificadas

Los científicos pueden cambiar el **genoma** de ciertas bacterias para ayudarlas a descomponer los metales pesados y la contaminación más rápido que las bacterias que se encuentran en la naturaleza.



### Plantas genéticamente modificadas

Los científicos pueden agregar **genes** a una planta que la ayudan a crear su propia protección contra las plagas. Por ejemplo, hay un cierto tipo de bacterias que producen una sustancia que mata a los mosquitos. Si se agregan genes de esas bacterias a una planta, la planta puede producir la sustancia y protegerse de los mosquitos.



### Pesticida bioquímico

Un **pesticida bioquímico no es tóxico** y se produce naturalmente en un ser vivo. Un ejemplo es un aroma que atrae a ciertos tipos de insectos de plagas a una trampa o evita que se apareen.



### Pesticida microbiano

Los **pesticidas microbianos** utilizan bacterias, hongos, virus u otros seres vivos pequeños para matar plagas o plantas. Por ejemplo, cierto hongo puede crecer en una oruga que es una plaga. El hongo absorbe agua y nutrientes de la oruga hasta que esta muere. Luego, el hongo puede propagarse por el aire a otras orugas.

Figura 6-5: (continuación)



7. Pídele a cada miembro de tu grupo que elija la solución (o soluciones) de biorremediación que creen que resolverán el problema que elegiste. Para mostrar su elección, pueden colocar la tarjeta sobre el problema o dibujar los íconos en tu papel.
8. Ahora, en grupo, agreguen, reorganicen o retiren las tarjetas de soluciones según lo que consideren que los ayudará a resolver mejor el problema de su modelo. Traten de acordar como grupo cómo desean resolver el problema. Utilicen estas preguntas como ayuda para pensar:
  - a. ¿Alguna de estas soluciones parece más fácil de aplicar que otras?
  - b. ¿Creen que las personas de la comunidad podrían estar preocupadas, tener curiosidad o desear obtener más información sobre algunas de las soluciones?
  - c. ¿Las soluciones funcionarán a corto o largo plazo?
9. Piensa en estas preguntas para ti:
  - a. ¿Fue fácil ponerse de acuerdo? ¿Por qué?
  - b. ¿Hubo alguna solución que te haya preocupado, incomodado o sobre la cual hubieras querido saber más antes de usarla?
  - c. ¿Hubo alguna solución que te haya entusiasmado?
10. Si lo deseas, elige otro modelo de problema comunitario y repite los pasos 7 y 8.
11. Piensa en un problema que hayas notado en tu comunidad durante la actividad Descubrir.
12. ¿Hay alguna solución de biorremediación de la actividad Comprender que te ayudaría a resolver ese problema? ¿Por qué?
13. Los investigadores están trabajando en muchos tipos diferentes de soluciones de biorremediación. Lee lo que Susie dice acerca de su investigación sobre cómo los hongos pueden ayudar a remediar los contaminantes en el medioambiente.
  - a. Susie está tratando de encontrar un “superhéroe” de la biorremediación. Si tú también estuvieras buscando un superhéroe de la biorremediación, ¿qué te gustaría que hiciera?





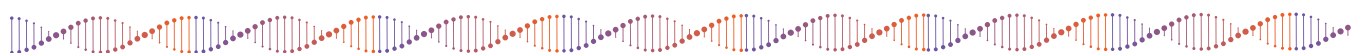
**Susie dice: . . .**

Si vas al bosque y observas un trozo de madera muerta, tiene hongos creciendo, ¿verdad? Los hongos están descomponiendo el material de la madera muerta. Uno de esos materiales es la lignina. La lignina es la parte de la pared celular de una planta que es muy difícil de descomponer. Por eso, los muebles costosos están hechos de madera con mucha lignina. Los muebles duran mucho debido a la lignina de la madera. Los

hongos, como los que se encuentran en la madera muerta, pueden descomponer la lignina.

En mi investigación, estamos tratando de utilizar los mismos sistemas de los hongos que pueden descomponer la lignina para descomponer contaminantes, como las sustancias químicas eternas. Utilizamos herramientas que la naturaleza ya utiliza, pero que las personas aún no han apreciado.

Hay hongos con los que hemos trabajado en el pasado para la biorremediación, pero estoy tratando de encontrar un nuevo hongo que pueda hacer un mejor trabajo que los que ya conocemos. Lo que espero hacer es encontrar un superhéroe que pueda descomponer muchos contaminantes a la vez.



### **Actuar:** ¿Cómo puedo resolver los problemas de desechos y contaminación en mi comunidad?

En la actividad Descubrir, notaste los problemas con los desperdicios y la contaminación en tu comunidad. Aprendiste cómo la biotecnología puede ayudar a resolver problemas en la actividad Comprender. Ahora, es el momento de utilizar lo que has aprendido sobre tu comunidad y sobre la biotecnología para planificar y compartir cómo resolver problemas en tu comunidad.

1. Vuelve a pensar en las *tarjetas de soluciones de biorremediación*. Clasificarás cada solución según qué tan cómodo y confiado te sentirías usándola, y si piensas que tendrías el poder para usar esta solución en tu comunidad. En la figura 6-6, se muestra un ejemplo.



- Más (11)**
11. Jardín de lluvia
  10. Plantas de cobertura
  9. Girasol
  8. Jacinto de agua
  7. Bacterias acuáticas
  6. Bacterias del suelo
  5. Árbol perenne
  4. Pesticida bioquímico
  3. Biopesticida microbiano
  2. Bacterias genéticamente modificadas
  1. Plantas genéticamente modificadas
- Menos (1)**

Figura 6-6: Un ejemplo de soluciones clasificadas por lo cómodo y confiado que te sentirías usándolas y si crees que tienes el poder de usarlas en tu comunidad.

2. Considera las soluciones que clasificaste en la parte inferior de la escala. Piensa para ti:
  - a. ¿Aprender más acerca de esas soluciones te haría sentir más cómodo y confiado? ¿Cómo o dónde podrías encontrar más información?
  - b. ¿Con quién necesitarías comunicarte en tu comunidad a fin de obtener más poder para sugerir o utilizar esas soluciones?
3. Pensar en las perspectivas **sociales, económicas, ambientales y éticas** de las soluciones de biotecnología es una parte importante de actuar. Con tu compañero o en un grupo pequeño, lee las Perspectivas sobre las soluciones de desechos y contaminación.

**Perspectivas sobre los desechos, la contaminación y las soluciones**

**Social**

Las bacterias diseñadas genéticamente pueden ayudar a descomponer la contaminación y los metales perjudiciales en el suelo y el agua más rápidamente que las bacterias que se encuentran en la naturaleza. Sin embargo, aún se están estudiando los riesgos de liberar bacterias genéticamente modificadas en el



entorno natural. Es posible que algunas personas de una comunidad no se sientan cómodas con la introducción de organismos modificados genéticamente en el medioambiente. Podrían expresar preocupaciones, como “¿el **ADN** de estas bacterias se puede transferir a otros seres vivos?”. ¿Es correcto utilizar organismos modificados genéticamente si a algunas personas les preocupa? ¿Cómo deben tomar esta decisión las comunidades y quién debe estar involucrado?

### Económica

Las plantas como los girasoles y los árboles perennes pueden ayudar a eliminar la contaminación del aire y del suelo. Pero cuesta dinero comprar, plantar y cuidar estas plantas. También toma tiempo obtener permiso para plantarlas, decidir dónde sembrar y cuidar de ellas una vez que se planten. ¿Quién en una comunidad debería ser responsable de utilizar su tiempo y dinero para cuidar las plantas, y ayudar con los desechos y la contaminación?

### Medioambiental

Los jacintos de agua pueden ayudar a eliminar la contaminación y los metales pesados del agua. Son económicas, crecen rápido y funcionan rápido para limpiar el agua. Sin embargo, cuando no son nativos de una zona, pueden propagarse rápidamente, bloquear el crecimiento de otras plantas, perjudicar a las poblaciones de peces, y obstruir ríos, arroyos y estanques. ¿Usarías los jacintos de agua si no fueran nativos de tu comunidad? ¿Por qué?



Figura 6-7: Los jacintos de agua invasivos cubren toda la superficie de este río.



## Ética

Una comunidad puede tener muchos problemas diferentes con los desechos y la contaminación. Estos problemas pueden afectar a algunos grupos de personas más que a otros. ¿Cómo debe una comunidad decidir qué problemas son los más importantes para resolver?

4. Elige una perspectiva de *Perspectivas sobre las soluciones de desechos y contaminación* para analizarla con tu compañero o en un grupo pequeño. Intenten acordar una respuesta a la pregunta al final de cada una. Cuando hayan terminado, busquen otro grupo que haya elegido la misma perspectiva. Comparen sus respuestas.
5. Lee los comentarios de Susie acerca de las perspectivas que debe considerar al investigar la biorremediación. ¿Crees que alguna de esas perspectivas será importante para tu comunidad?

### Susie dice: . . .



Uno de los objetivos muy importantes de la biorremediación es que funcione rápidamente y sea asequible.

Si mi jefe dice: "Ocúpate de este producto químico dentro de dos semanas", tengo que hacerlo en dos semanas. Si el Congreso dice: "Para el año 2025, tenemos que alcanzar este objetivo de remediación" y digo que me llevará 100 años hacerlo, los políticos me echarán de la habitación. Si quiero producir un biocombustible, pero cuesta USD 20 por galón, ¿quién lo comprará? El uso de hongos para limpiar un contaminante no es lo suficientemente rápido para la sociedad moderna. Por eso, mi investigación está tratando de acelerar las cosas.

Queremos ayudar a un organismo natural, como un hongo, a remediar en un tiempo razonable. Esperamos combinar la biorremediación con otros sistemas y herramientas potenciales que ya existen en ingeniería, ingeniería química o ingeniería ambiental, y que se pueden integrar fácilmente en los sistemas que ya tenemos.



6. Piensa para ti sobre los problemas que observaste en tu comunidad en la actividad Descubrir.
  - a. ¿Hay algún problema en tu comunidad que te haga sentir confiado sobre poder resolverlo? Elige solo uno.
  - b. ¿Hay alguna solución de biorremediación de la actividad Comprender que te podría ayudar a resolver ese problema?
7. Una vez que hayas seleccionado un problema que consideras que podrías resolver, responde estas preguntas y registra tus respuestas en un documento digital o en papel.
  - a. ¿Cómo podrías comenzar ahora mismo con la resolución de este problema en tu comunidad?
  - b. ¿Quién en tu comunidad podría ayudarte con esta solución?
  - c. ¿Qué te preocupa acerca de probar esta solución?
  - d. ¿Qué te entusiasma acerca de probar esta solución?
8. Encuentra a una persona en tu hogar, escuela o comunidad con la que puedas compartir tus ideas. Explícale tu solución y pídele su opinión.
9. Lee lo que dice Susie acerca de cómo interactuar con la comunidad. ¿Cómo crees que podrías tratar de utilizar la educación y la comunicación para que tu comunidad comprenda la biorremediación?

### *Susie dice: . . .*



A veces, tienes una solución maravillosa, pero las personas de la comunidad no están de acuerdo contigo. Pero nunca puedes forzar ningún programa político. Somos una sociedad humana. Tenemos que considerar los estándares actuales y dar pequeños pasos para que la comunidad acepte nuestra solución. La educación y la comunicación pueden ayudar. Podemos educar a nuestra comunidad y a nuestra próxima generación.



## Tarea 2: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar a restaurar la biodiversidad en los ecosistemas?

Muchos seres vivos en todo el mundo se ven afectados por el impacto de los seres humanos sobre el planeta. Las actividades humanas a menudo tienen un impacto negativo sobre la **biodiversidad**. La biodiversidad es la variedad de los numerosos seres vivos diferentes que habitan la Tierra. En esta tarea, **descubrirás** más información acerca de los problemas de biodiversidad causados por las personas. A continuación, investigarás para **comprender** mejor cómo la biotecnología puede proporcionar herramientas útiles para ayudar a conservar la biodiversidad. Por último, **actuarás** para mejorar el conocimiento y la comprensión de los problemas de biodiversidad y biotecnología en tu comunidad.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Mary Hagedorn. Mary (pronunciado ME-ri) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan utilizar la biotecnología para ayudar al medioambiente.

Mary es científica investigadora en el Centro para la Supervivencia de las Especies del Instituto Smithsoniano de Estados Unidos. Tiene un doctorado en ciencias marinas. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Mary trabajará contigo, es importante que la conozcas.

Para ayudarte, Mary completó un mapa de identidad, como lo hiciste tú en la parte 1. El mapa de identidad de Mary incluye los siguientes aspectos.

- Femenino
- Vive en Hawái, EE. UU.
- Le gusta cocinar, viajar, nadar, practicar esnórquel, hacer jardinería y leer
- La única niña en una familia de siete hermanos
- Exploradora: “He sido una exploradora desde que era una niña pequeña, ya que constantemente exploraba el espacio en mi vecindario y a su alrededor”
- Viajera: “Viajé internacionalmente por mi cuenta cuando estaba en preparatoria y viví con una familia en Sicilia”
- Mientras cursaba el posgrado, viajó y vivió en distintos lugares de Centroamérica y Sudamérica trabajando en investigación científica

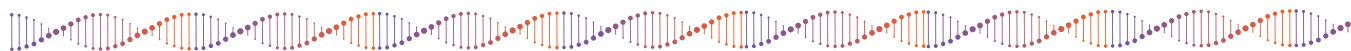


- “Después de recibir mi doctorado, viajé y viví en un pequeño pueblo de África Occidental, que me transformó mientras aprendí más sobre esta maravillosa comunidad que se cuidaba mutuamente como parte del bien social”.
- Considerada: “Me gustaría pensar que el bien social de cuidar a los demás también podría extenderse a cuidar y proteger nuestros ecosistemas y nuestro planeta, de modo que cada niño pueda crecer para ver y experimentar lugares hermosos y salvajes de la Tierra”.

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Mary.

- ¿Tienes algo en común con Mary?
- ¿En qué te diferencias de Mary?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Mary, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre el medioambiente?

En esta tarea, notarás que Mary comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** ¿Cuáles son los problemas de biodiversidad causados por las personas?

La vida en la Tierra depende de la biodiversidad. Muchos seres vivos diferentes son parte de los ecosistemas de los cuales la vida depende, incluida la vida humana. En esta actividad, obtendrás más información sobre tu relación con la biodiversidad. También explorarás las amenazas a la biodiversidad en diferentes niveles.

1. Toma el Mapa de identidad de la parte 1 y revísalo detenidamente. Recuerda que cada persona es única.
  - a. ¿Cuáles son algunas cosas sobre tu identidad que te diferencian de otras personas que te rodean? Elige una cosa para compartir.
2. En equipo, utilicen una pizarra, un papel compartido o un documento digital compartido para crear un Mapa de identidad del equipo.
  - a. Dibuja un círculo en el centro, como lo hiciste para tu mapa de identidad.
  - b. Designa este círculo como “Nuestro equipo”.



- c. Haz que cada miembro del equipo agregue elementos al Mapa de identidad del equipo dibujando o escribiendo la parte de su identidad que eligieron para compartir.
3. En equipo, examinen el Mapa de identidad del equipo. Analicen:
  - a. ¿Cuál es la ventaja de que personas con muchas identidades diferentes formen parte del equipo?
  - b. ¿Hay ideas o tipos de conocimientos que tienen como grupo que no tendrían como individuos?
  - c. ¿Esto sucede con las personas en general? ¿Es útil tener muchas habilidades e intereses diferentes?
4. Lee lo que dice Mary sobre por qué piensa que la diversidad es tan importante. ¿Por qué crees que la diversidad es importante? Comparte tus ideas con un compañero.

**Mary dice lo siguiente: . . .**



En países que tienen diversidad de pensamiento, diversidad de creencias, diversidad de orígenes, diversidad de habilidades, podemos enfrentar mejor los problemas. Esto se debe a que, cuando solo se piensa de una manera, se tiende a responder un problema de una sola manera. Por lo tanto, tener diversidad de pensamiento, personas y creencias nos ayuda a ser más fuertes y a tener una variedad de enfoques diferentes. Es lo mismo en las plantas, los animales y otros seres vivos: Cuando hay más diversidad, tienes más opciones para responder a los diferentes desafíos.

5. Lee ¿Qué son los tipos de biodiversidad?

**¿Qué son los tipos de biodiversidad?**

La variedad que encuentras entre las personas se debe parcialmente a pequeñas diferencias en sus genomas. Estas se pueden considerar **variaciones** en la secuencia de genes, lo que puede llevar a todo tipo de diferencias en los seres humanos individuales.

Lo mismo ocurre con otras **especies**. Una especie es un tipo de ser vivo, como un ser humano, un perro o una palmera. Las variaciones en el genoma de una especie se denominan diversidad genética. Una alta **diversidad genética**, que es





una gran variedad de **rasgos** diferentes en la población, ofrece a la población una mayor oportunidad de sobrevivir a las amenazas y tensiones en el medioambiente. Incluso si un individuo específico dentro de una población no sobrevive a una amenaza, es más probable que una especie con alta diversidad genética no se extinga. En la figura 6-8, se muestra parte de la diversidad genética de los perros.



Figura 6-8: Diferentes razas muestran la diversidad genética de los perros.

Sin embargo, la diversidad no solo está dentro de un genoma. Tener muchas especies diferentes presentes en un lugar también es importante. Esto se denomina **diversidad de especies**. Las especies cumplen muchas funciones diferentes en un **ecosistema**. Un ecosistema es una comunidad de seres vivos y cosas no vivientes. Algunas especies producen alimentos, como las plantas. Otras comen plantas, como los seres humanos y los ciervos. Otras **descomponen** cosas que ya no están vivas, como los hongos y las bacterias. Muchas especies están involucradas en cada una de estas funciones dentro de un ecosistema. Generalmente, cuando una mayor cantidad de especies viven en un lugar, el ecosistema tiene una mejor capacidad de superar los desafíos, como un clima cambiante o la pérdida de una especie en el ecosistema. En la figura 6-9, se muestra un ejemplo de un ecosistema de arrecife de coral con muchas especies diferentes. ¿Cuántas puedes ver?



Figura 6-9: Ejemplo de biodiversidad de especies dentro de un ecosistema de arrecife de coral.



Una variedad de ecosistemas también es una parte importante de la biodiversidad. Hay muchos tipos de ecosistemas, desde un pantano y un prado de montaña hasta un arrecife de coral. Una amplia variedad de ecosistemas se denomina **diversidad de ecosistemas**. La diversidad de ecosistemas fomenta una amplia gama de especies y es importante para el planeta. Por ejemplo, piensa en cuántos tipos diferentes de especies podrían vivir en los ecosistemas que se encuentran en la figura 6-10.



*Figura 6-10: Un lugar con una variedad de ecosistemas: lago, playas rocosas, bosques de pinos y montañas nevadas.*

6. Analiza con tu equipo:

- a. ¿Cómo crees que la diversidad genética, la diversidad de especies y la diversidad de ecosistemas se relacionan entre sí? Por ejemplo, ¿la diversidad genética conduce a la diversidad de especies?
- b. ¿Por qué crees que es importante tener biodiversidad en la Tierra? Asegúrate de pensar en cómo todas las especies, incluidos los seres humanos, están conectadas entre sí.

7. Utilizarás las poblaciones de coral cuerno de alce como ejemplo para investigar cómo la diversidad genética afecta la capacidad de supervivencia de una población. Lee las opiniones de Mary. ¿Cuáles son algunos de los problemas que enfrentan las especies de coral cuerno de alce en el Caribe?



**Mary dice lo siguiente: . . .**

El océano en el Caribe está en muy mal estado. Es pequeño y solo tiene alrededor de 60 especies de coral. Tiene antecedentes de contaminación, enfermedades y otros factores estresantes locales. Imagina que tienes todas estas hermosas islas, y todas tienen estos corales increíbles a su alrededor. Con el tiempo, algunos de estos corales se dinamitaron para hacer bahías y cosas similares. Esto solo empeoró a medida que más personas iban al Caribe, en lo relativo a turismo, barcos y tráfico. Además de todo esto, hay factores estresantes globales, como el cambio climático. Algunos científicos predicen que, a mediados de la década del 2030, solo el 1 % de los corales globales seguirá existiendo.

8. Lee las *Instrucciones del juego de cartas de diversidad genética* y juega.

### **Instrucciones del juego de cartas de diversidad genética**

#### **El problema**

El coral cuerno de alce es una especie de coral que vive en el Caribe, Florida y las Bahamas. Aunque el coral cuerno de alce es solo una especie, son una parte muy importante de su ecosistema. El coral cuerno de alce forma grupos densos, llamados **arrecifes**, en aguas poco profundas. Estos arrecifes ofrecen lugares para que vivan los peces y otros seres vivos silvestres. Sin embargo, los impactos humanos amenazan a la población de coral cuerno de alce.

#### **Tu objetivo**

Tu objetivo es que la mayor cantidad posible de corales cuerno de alce individuales sobrevivan.

#### **Tipos de cartas**

Hay dos tipos de cartas:

- a. Cartas de coral cuerno de alce (12): Cada una de estas cartas representa un coral individual que forma parte de la población del coral cuerno de alce.



Cada coral es genéticamente único, y tiene diferentes rasgos y capacidades. En las cartas, se representan cuatro rasgos:

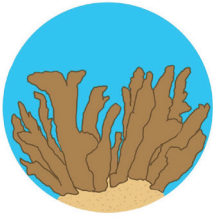
- Nivel de myxococcales: Las myxococcales son bacterias que ayudan al coral cuerno de alce a resistir la enfermedad de la banda blanca. Algunos corales fomentan el crecimiento de más myxococcales a su alrededor.
  - Resistencia al calor: La capacidad de vivir en agua caliente
  - Nivel de profundidad marina: La capacidad de vivir en aguas más profundas
  - Nivel de concentración de oxígeno: La capacidad de sobrevivir cuando hay menos oxígeno en el agua
- b. Cartas de situaciones (4): Cada carta muestra una situación que podría sucederle a la población de coral.

### Juega

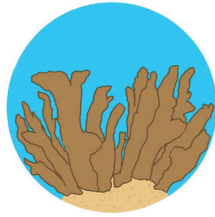
1. Imprime y recorta las cartas de coral cuerno de alce de la figura 6-11 y las cartas de situaciones de la figura 6-12. Si no puedes imprimir las tarjetas, puedes escribir la información de estas en un papel y recortarlo.
2. Divide las cartas de coral cuerno de alce de manera uniforme entre tu grupo. Hay 12 cartas, por lo que, si es posible, haz que tu grupo sea de un tamaño en el que las cartas se puedan distribuir uniformemente.
3. Coloca las cartas de situaciones mirando hacia abajo entre los jugadores.
4. Pide a un jugador que elija una carta de situación y que se la lea al grupo. Cada situación se centrará en un rasgo específico.
5. Cada rasgo de las cartas de coral cuerno de alce tiene un valor numérico diferente. Si el número está por debajo del número permitido en la carta de situación, desecha la carta de coral cuerno de alce.
6. Después de cada ronda, cuenta cuántos corales quedan.
7. A continuación, saca otra carta de situación y continúa.
8. Sigue jugando hasta que se hayan utilizado las cuatro cartas de situaciones.
9. ¿Cuántos corales quedan al final?
10. Vuelve a jugar para ver si el número de corales que quedan al final cambia si eliges las cartas de situaciones en un orden diferente.



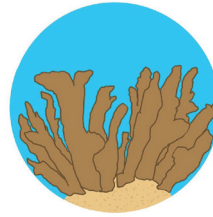
### Cartas de coral cuerno de alce



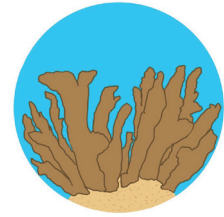
Nivel de myxococcales: 4  
 Resistencia al calor: 5  
 Nivel de profundidad marina: 7  
 Nivel de concentración de oxígeno: 8



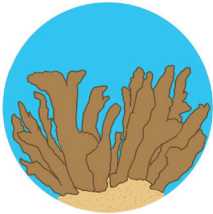
Nivel de myxococcales: 2  
 Resistencia al calor: 6  
 Nivel de profundidad marina: 5  
 Nivel de concentración de oxígeno: 7



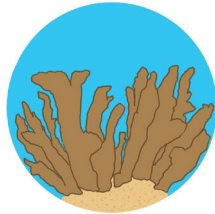
Nivel de myxococcales: 1  
 Resistencia al calor: 6  
 Nivel de profundidad marina: 3  
 Nivel de concentración de oxígeno: 2



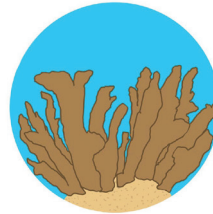
Nivel de myxococcales: 8  
 Resistencia al calor: 7  
 Nivel de profundidad marina: 7  
 Nivel de concentración de oxígeno: 7



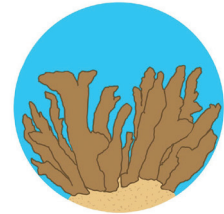
Nivel de myxococcales: 0  
 Resistencia al calor: 1  
 Nivel de profundidad marina: 1  
 Nivel de concentración de oxígeno: 3



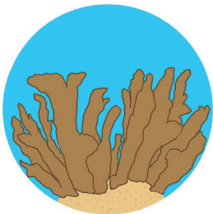
Nivel de myxococcales: 2  
 Resistencia al calor: 1  
 Nivel de profundidad marina: 3  
 Nivel de concentración de oxígeno: 3



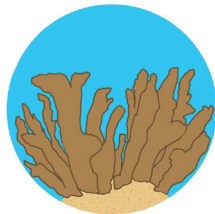
Nivel de myxococcales: 4  
 Resistencia al calor: 2  
 Nivel de profundidad marina: 5  
 Nivel de concentración de oxígeno: 1



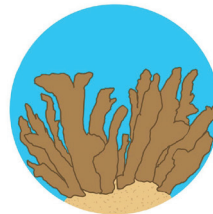
Nivel de myxococcales: 3  
 Resistencia al calor: 6  
 Nivel de profundidad marina: 4  
 Nivel de concentración de oxígeno: 4



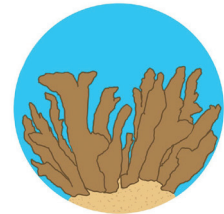
Nivel de myxococcales: 6  
 Resistencia al calor: 5  
 Nivel de profundidad marina: 3  
 Nivel de concentración de oxígeno: 6



Nivel de myxococcales: 9  
 Resistencia al calor: 8  
 Nivel de profundidad marina: 6  
 Nivel de concentración de oxígeno: 7



Nivel de myxococcales: 1  
 Resistencia al calor: 4  
 Nivel de profundidad marina: 2  
 Nivel de concentración de oxígeno: 6



Nivel de myxococcales: 4  
 Resistencia al calor: 6  
 Nivel de profundidad marina: 1  
 Nivel de concentración de oxígeno: 7

Figura 6-11: Cartas de coral cuerno de alce.



## **Cartas de situaciones**

### **Situación: Pérdida de hábitat y contaminación**

Los derrames de aguas de tierras agrícolas y otras fuentes han contaminado las aguas poco profundas. La contaminación dificulta el crecimiento de los corales en aguas poco profundas y aumenta el crecimiento de algas perjudiciales. Solo los corales cuerno de alce que pueden vivir en aguas más profundas pueden sobrevivir.

**Acción:** Descarta todas las cartas de coral cuerno de alce con niveles de profundidad marina de 4, 3, 2 o 1.

### **Situación: Cambio climático**

Los océanos se están calentando debido al cambio climático. Este calor puede provocar tensión en los corales y causar blanqueamiento del coral. Algunos corales cuerno de alce viven junto a algas útiles resistentes al calor que ayudan a los corales a sobrevivir incluso con blanqueamiento de coral.

**Acción:** Descarta todas las cartas de coral cuerno de alce con niveles de resistencia al calor de 5, 4, 3, 2 o 1.

### **Situación: Especies invasivas**

El pez león es una especie invasiva del Caribe. Come peces que normalmente comerían las algas que están encima del coral. Esto altera el ecosistema del arrecife y provoca que haya menos oxígeno disponible para los corales. Algunos corales pueden sobrevivir con menos oxígeno.

**Acción:** Descarta todas las cartas de coral cuerno de alce con niveles de concentración de oxígeno de 6, 5, 4, 3, 2 o 1.

### **Situación: Enfermedad**

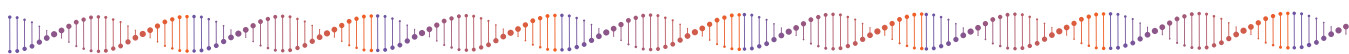
La enfermedad de banda blanca se propaga por caracoles acuáticos y la estimula la contaminación humana. Destruye el tejido del coral cuerno de alce y mata lentamente arrecifes completos. Solo los corales cuerno de alce que tienen grandes cantidades de bacterias llamadas myxococcales podrán sobrevivir.

**Acción:** Descarta todas las cartas de coral cuerno de alce con niveles de myxococcales de 6, 5, 4, 3, 2 o 1.

Figura 6-12: Cartas de situaciones.



11. Después de terminar de jugar, debate con tu grupo:
- ¿De qué manera las actividades humanas causan los problemas con el coral cuerno de alce?
  - ¿Qué podrían haber hecho las personas de manera diferente para cambiar las situaciones?
  - ¿Cuál crees que sería el cambio más importante de las situaciones si estuvieras tratando de ayudar a mantener vivo al coral cuerno de alce?
  - ¿Por qué la diversidad genética del coral era importante cuando intentaba sobrevivir a las situaciones?
  - ¿Qué pasaría si todos los corales no tuvieran diversidad genética y, por lo tanto, todos tuvieran la misma capacidad para sobrevivir a diferentes amenazas? ¿Cuál sería el riesgo para la especie?
  - ¿La diversidad genética de los corales sobrevivientes es mayor o menor que antes de enfrentar las diferentes situaciones? ¿Cómo podría esto afectar la capacidad del coral cuerno de alce para sobrevivir a las amenazas en el futuro?
12. Piensa en el *Mapa de identidad del equipo*. Analiza con tu equipo:
- ¿De qué manera diferentes personas con distintas características ayudan a un grupo a responder a los desafíos?
  - ¿En qué se asemejan las diferencias en tu equipo a la diversidad genética del coral?
  - ¿Crees que es importante tener un equipo con rasgos diferentes?
  - ¿También es importante tener diferentes rasgos e ideas entre poblaciones de personas en tu comunidad local o a nivel mundial?
13. Solo o con un compañero, piensa sobre los seres vivos en tu área local. ¿Se te ocurre una especie que vive cerca de ti y que crees que sería importante proteger? ¿Cuáles crees que podrían ser las amenazas para esa especie?



**Comprender:** *¿Las herramientas de biotecnología pueden ayudar con la conservación?*

Sabes que las personas pueden tener un impacto negativo sobre la biodiversidad. Pero también hay formas en que las personas pueden ayudar, por ejemplo, reduciendo la contaminación o controlando las especies invasivas. La biotecnología también puede ayudar a preservar y restaurar la diversidad genética.

1. Reúnete con tu equipo en un círculo. La práctica de la **conservación** consiste en proteger, preservar y restaurar la biodiversidad. Siguiendo el orden del círculo, que cada miembro del equipo comparta una idea que ya tiene sobre las formas en que



las personas pueden apoyar las acciones de conservación; repítanlo tres veces. Si no estás seguro, está bien, pronto aprenderás más. Simplemente esfuérzate al máximo.

- a. Primero, comparte las maneras en que las personas pueden proteger la biodiversidad deteniendo cualquier daño adicional al medioambiente.
  - b. En segundo lugar, comparte las maneras en que las personas pueden preservar la biodiversidad manteniendo la diversidad genética y de especies que existe actualmente.
  - c. En tercer lugar, comparte las maneras en que las personas pueden restaurar la biodiversidad mediante la incorporación de diversidad genética, de especies o de ecosistemas al medioambiente.
2. Lee lo que dice Mary. ¿Por qué crees que los **biobancos** podrían ser parte de la protección, preservación y restauración de la biodiversidad? Un biobanco es una biblioteca de muestras de diferentes organismos. A menudo, estas muestras se **criopreservan** o se congelan, de manera que se puedan descongelar y aun así estar vivas. Cuando se guarda una semilla, óvulo o tejido en un biobanco, se conserva la diversidad genética de esos seres vivos para que pueda estudiarse o agregarse nuevamente en un ecosistema en el futuro.

*Mary dice lo siguiente: . . .*



La biodiversidad estabiliza los ecosistemas y los mantiene. Incluso cuando hay amenazas, la adaptación es más fácil con niveles más altos de biodiversidad. Podemos preservar la biodiversidad genética y de las especies a través de los biobancos. Una vez que pones algo en nitrógeno líquido y se congela, está vivo, y puede permanecer allí durante decenas o incluso cientos de años. Por lo tanto, los biobancos nos dan algo de tiempo, ya que mantienen la biodiversidad y la diversidad genética.

Es muy importante crear biobancos, ya que, a veces, los procesos sociales pueden ser lentos, y los cambios en la educación y las políticas pueden tardar mucho tiempo. Los biobancos nos pueden dar ese tiempo para intentar enfrentar lo que está pasando, y aun así, no perder grandes cantidades de diversidad genética y biodiversidad en las plantas.

3. Saca las cartas del Juego de diversidad genética de la actividad Descubrir. Ahora, tendrás la oportunidad de jugar este juego de nuevo, pero con algunas herramientas de biotecnología para ayudarte.
4. Imprime y recorta las tarjetas de las figuras 6-13 y 6-14. Si no puedes imprimir las tarjetas, puedes escribir la información de estas en un papel y recortarlo.





### **Biotecnología: Biobancos**

La creación de biobancos es una técnica de preservación que permite almacenar material biológico, incluido el ADN, durante largos períodos. Los científicos e investigadores pueden estudiar estos materiales conservados en entornos controlados. También se podrían utilizar para volver a introducir la diversidad genética de los biobancos a un ecosistema.

**Acción:** Se debe jugar antes de usar las cartas de clonación y reproducción selectiva.

### **Biotecnología: Clonación**

En la **clonación**, se utilizan células preservadas y ADN para crear copias de una forma de vida previamente existente. Los científicos e investigadores podrían utilizar la clonación para ayudar a introducir diversidad genética en especies que están en peligro.

**Acción:** Elige tres cartas de coral cuerno de alce para revivir de tu pila que fue descartada.

### **Biotecnología: Reproducción selectiva**

La reproducción selectiva es un proceso en el que los seres humanos eligen dos animales dentro de una especie a fin de que se apareen para intentar producir **crías** con rasgos deseables. Los científicos pueden utilizar materiales de los biobancos para reproducir selectivamente corales cuerno de alce a fin de obtener una mayor diversidad genética.

**Acción:** Elige dos cartas de coral que aún estén en el juego para representar a los padres y toma una nueva carta de coral cuerno de alce en blanco. Crea una nueva carta de coral cuerno de alce a partir de tu carta en blanco que tenga los rasgos de los padres (en la figura 6-15, se muestra un ejemplo). Agrega la nueva carta al juego.

### **Biotecnología: Genética dirigida**

La **genética dirigida** es una técnica en la que se utiliza **CRISPR**, que modifica genes específicos y garantiza que los genes modificados sean heredados por la próxima generación. La genética dirigida puede cambiar la composición genética de una especie con el tiempo.

**Acción:** La genética dirigida evita que el caracol que se alimenta de coral lo infecte con la enfermedad de banda blanca. Todos los corales cuerno de alce restantes en el juego no pueden contraer esta enfermedad.

Figura 6-13: Cartas de biotecnología.



			
<b>Nivel de myxococcales:</b>	<b>Nivel de myxococcales:</b>	<b>Nivel de myxococcales:</b>	<b>Nivel de myxococcales:</b>
<b>Resistencia al calor:</b>	<b>Resistencia al calor:</b>	<b>Resistencia al calor:</b>	<b>Resistencia al calor:</b>
<b>Nivel de profundidad marina:</b>	<b>Nivel de profundidad marina:</b>	<b>Nivel de profundidad marina:</b>	<b>Nivel de profundidad marina:</b>
<b>Nivel de concentración de oxígeno:</b>	<b>Nivel de concentración de oxígeno:</b>	<b>Nivel de concentración de oxígeno:</b>	<b>Nivel de concentración de oxígeno:</b>

Figura 6-14: Cartas de coral de cuerno de alce en blanco: utilízalas para crear nuevas cartas.

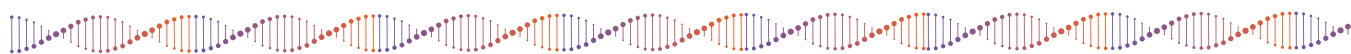
		
<b>(EJEMPLO DE PADRE 1)</b>	<b>(EJEMPLO DE PADRE 2)</b>	<b>(EJEMPLO DE NUEVO CORAL)</b>
<b>Nivel de myxococcales: 4</b>	<b>Nivel de myxococcales: 2</b>	<b>Nivel de myxococcales: 4</b>
<b>Resistencia al calor: 5</b>	<b>Resistencia al calor: 6</b>	<b>Resistencia al calor: 6</b>
<b>Nivel de profundidad marina: 7</b>	<b>Nivel de profundidad marina: 5</b>	<b>Nivel de profundidad marina: 7</b>
<b>Nivel de concentración de oxígeno: 8</b>	<b>Nivel de concentración de oxígeno: 7</b>	<b>Nivel de concentración de oxígeno: 8</b>

Figura 6-15: Ejemplo de cómo una nueva carta de coral puede heredar rasgos seleccionados de dos cartas padres.

- Coloca las tarjetas de biotecnología boca arriba sobre la mesa. Distribuye las otras tarjetas de la misma manera que lo hiciste la vez anterior que jugaste.
- Comienza a jugar de nuevo, pero esta vez, cuando elijas una tarjeta de situación, también tienes la opción de elegir y utilizar una tarjeta de biotecnología.
- Compara tus resultados de esta vez con los resultados de la primera vez que jugaste el juego de cartas. ¿La biotecnología te ayudó a proteger, preservar o restaurar la diversidad genética?



8. Piensa para ti o con un compañero sobre la especie de la actividad Descubrir que querías mantener saludable. ¿Cómo puedes obtener más información sobre la conservación de esta especie? Investiga un poco para obtener más información sobre la situación de esta especie. ¿Está en peligro? ¿Qué amenazas enfrenta? Por ejemplo, podrías hacer lo siguiente:
  - a. Utilizar Internet, una biblioteca u otros materiales escritos para obtener más información sobre tu especie.
  - b. Comunicarte con una organización, como un centro científico o de naturaleza, para averiguar si tienen más información.
  - c. Encontrar a un científico local que investiga tu especie y comunicarte con él para obtener más información.
9. Ahora considera qué acciones crees que podrías realizar para ayudar a tu especie. Asegúrate de considerar lo siguiente:
  - a. Formas en las que podrías actuar para reducir las amenazas contra tu especie
  - b. Maneras en que las herramientas de biotecnología pueden ayudar a proteger, preservar o restaurar tu especie
10. Toma un papel o abre un documento digital y titúlalo “Plan de conservación”. Este *Plan de conservación* será tu plan para ayudar a tu especie. Escribe o dibuja:
  - a. ¿En qué especie te estás enfocando?
  - b. ¿Cuáles son las amenazas para esta especie?
  - c. ¿Qué te gustaría hacer?
  - d. ¿Qué métodos usarías, como la reducción de la contaminación, los biobancos o la clonación?



**Actuar:** ¿Cómo deberíamos utilizar la biotecnología para tener un impacto sobre los ecosistemas?

La biotecnología proporciona herramientas poderosas para ayudar a conservar las especies y los ecosistemas. Sin embargo, estos tipos de intervenciones se deben considerar cuidadosamente. En esta actividad, pensarás en tu enfoque para utilizar varios tipos de biotecnología.

1. Lee el *Caso de estudio del turón patinegro*.



### Caso de estudio del turón patinegro

Los turones patinegros alguna vez vivieron en todas las praderas de América del Norte. Sin embargo, a mediados del siglo XX, la especie disminuyó rápidamente debido a las actividades humanas. Los científicos pensaron que los turones estaban extintos, pero lograron encontrar una población restante en la década de 1980. Para preservar la especie, todos los animales restantes se colocaron en cautiverio. Siete fueron capaces de reproducirse y su ADN es la base de los turones patinegros de hoy. Hoy en día, alrededor de 10 000 turones patinegros descienden de los siete originales y muchos se han reintroducido a la naturaleza.



Figura 6-16: Un turón patinegro.

Sin embargo, el nivel de diversidad genética es muy bajo, ya que todos los turones patinegros provienen de los siete originales. La **endogamia**, o la producción de crías entre parientes cercanos, significa que todos los turones patinegros están tan estrechamente relacionados desde el punto de vista genético como medios hermanos. Cuando un individuo tiene ADN de dos padres estrechamente relacionados, aumenta la probabilidad de que tenga problemas causados por mutaciones genéticas. Sin embargo, los científicos están tratando de aumentar la diversidad genética de la población a través de la biotecnología.

En la década de 1980, los científicos agregaron el tejido congelado de Willa, una turón patinegra no emparentada, a un biobanco. En el 2020, se utilizó el tejido del biobanco de Willa para crear un clon, Elizabeth Ann. Willa y Elizabeth Ann son genéticamente idénticas. Si Elizabeth Ann se reproduce con turones patinegros existentes, su ADN puede agregar diversidad genética a la población. Como aprendiste con los corales cuerno de alce, la diversidad genética es muy importante para la supervivencia de las especies.



2. Divide a tu equipo en seis grupos. Pídele a cada grupo que analicen una de las siguientes preguntas. Luego, comparte tus ideas con el resto de tu equipo.
  - a. Dado que las personas causaron los problemas de la población de turones patinegros, ¿crees que son responsables de ayudar a crear una población sana?
  - b. En este momento, Elizabeth Ann vive en cautiverio. ¿Estarías de acuerdo con liberar a sus descendientes a la naturaleza en el futuro?
  - c. Elizabeth Ann es un clon de Willa. Pero ¿qué pasaría si sus genes se hubieran diseñado genéticamente para agregar la mayor cantidad de diversidad genética a la población de turones patinegros? ¿Estarías de acuerdo con eso?
  - d. A algunos científicos les preocupa que, si las personas saben que existe una manera de agregar diversidad genética a través de los biobancos, no actúan rápidamente para detener problemas como la destrucción de hábitats o el cambio climático. ¿Estás de acuerdo?
  - e. ¿Qué pasaría si los turones patinegros ya estuvieran extintos? ¿Sería correcto utilizar herramientas de biotecnología para restaurar la población?
  - f. En algunos países, la clonación, como tecnología, se utiliza con frecuencia en la producción de ganado (como vacas o cerdos). ¿Las reglas para clonar una especie salvaje deben ser diferentes de las reglas para clonar una especie **domesticada**?
3. En equipo, imaginen que están a cargo de crear un conjunto de reglas que determinarán si una especie se puede restaurar mediante biotecnologías, como la clonación, y cuándo. Anoten las reglas que decidan. Utilicen lo que han aprendido en esta tarea para tomar sus decisiones. Por ejemplo:
  - a. ¿Cuándo se deberían restaurar las especies? ¿La especie se tiene que estar extinguiendo o basta con que tenga dificultades?
  - b. ¿Qué especies se deben restaurar? ¿La importancia de las actividades humanas en la creación de los problemas o la importancia de la especie para un ecosistema marcan alguna diferencia?
  - c. Si es para restaurar una especie, ¿está bien liberar a los individuos clonados en la naturaleza?
  - d. ¿Está bien diseñar genéticamente una especie para que sobreviva mejor, por ejemplo, agregar una capacidad para tolerar la enfermedad o el calor?
  - e. ¿A quién se debe consultar cuando se toman estas decisiones?
  - f. ¿Quién debería tomar la decisión final?



- g. ¿Qué otras reglas crees que deberían existir?
  - h. ¿Hay cosas que se deberían hacer ahora, como los biobancos, para crear opciones de restauración de la biodiversidad en el futuro?
4. De forma individual, aplica esas reglas a tu *Plan de conservación*. ¿Hay algo que debería cambiar? Haz esos cambios en tu plan ahora.
  5. Lee las ideas de Mary sobre la importancia de las conversaciones y otros procesos sociales para ayudar al medioambiente. Considera las conversaciones que tu equipo ha tenido, las reglas que creaste y tu *Plan de conservación*. ¿Qué crees que es lo más importante para compartir con otras personas?

**Mary dice lo siguiente: . . .**



No podemos restaurar los arrecifes de coral solo porque hemos aplicado la conservación en biobancos o la reproducción selectiva. La situación es más compleja. Hay percepciones públicas y decisiones de administración, además de las amenazas globales y locales ya existentes. Esos son solo algunos de los factores. El público no entiende que podemos hacer esta pequeña tarea (biobancos), pero lo importante es cómo pensamos en ayudar al medioambiente y restaurarlo. Las cosas son más complicadas cuando consideras todos los aspectos sociales que intervienen en lugar de solo el aspecto científico.

6. Elige un grupo y comparte tus reglas o tu plan de conservación con ellos. Por ejemplo:
  - a. Familiares y amigos: Podrías tener una conversación sobre el uso de la biotecnología para la conservación con tus familiares o amigos. Podrías compartir las reglas que creaste y preguntarles a otras personas si crearían las mismas reglas.
  - b. Científicos de investigación: Podrías encontrar investigadores que trabajan en la conservación de la especie que identificaste en la actividad Comprender. Podrías tener una reunión o escribirles y compartir tanto tu plan de conservación como las reglas que desarrollaste.
  - c. Funcionarios gubernamentales: A menudo, los gobiernos están a cargo de crear reglas. Descubre qué parte de tu Gobierno podría estar a cargo de



- la creación de reglas sobre el uso de la biotecnología en la conservación. Escríbeles una carta o envíales una publicación en las redes sociales para explicar las reglas que les sugieres y por qué son importantes.
- d. Elige otro grupo que consideres que debería estar involucrado en la toma de estas decisiones.

**¡Felicitaciones!**

**Terminaste la parte 6.**

**¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN:** Una molécula en todo tipo de seres vivos que transfiere y almacena información genética

**Agua sin procesar:** Agua en el ambiente que no ha sido tratada para eliminar contaminantes, como agua de lluvia o agua de un arroyo

**Arrecifes:** Grupos densos de coral cuerno de alce

**Biobanco:** Una biblioteca de muestras biológicas de diferentes seres vivos

**Biodiversidad:** Los muchos seres diferentes que viven en la Tierra

**Biorremediación:** Utilizar seres vivos para corregir, detener o revertir los daños al medioambiente

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Clonación:** Utilizar células preservadas y ADN para crear copias exactas de una forma de vida previamente existente

**Conservación:** Proteger, preservar y restaurar la biodiversidad

**Contaminación:** Materiales naturales y no naturales perjudiciales que se introducen en un ambiente





**Contaminante:** Una sustancia que hace que el agua no sea segura para beber o que otro material sea inseguro o inutilizable

**Contaminantes:** Materiales perjudiciales que causan contaminación

**Cría:** Los hijos de los padres

**Criopreservación:** Un método de almacenamiento utilizado en biobancos conforme el cual las muestras de organismos vivos se congelan y, luego, se descongelan para fines de investigación o uso

**CRISPR:** Una herramienta de biotecnología que corta el ADN en lugares muy específicos para agregar, eliminar o cambiar secuencias de pares de bases

**Depósito:** Un lugar grande construido por humanos para almacenar agua

**Derrame:** Agua que sale de los techos, las entradas de garajes, las aceras y las tierras agrícolas, a menudo arrastrando productos químicos y tierra en el proceso

**Descomponer:** Deshacer a los seres vivos para que su materia pueda volver a entrar en el ecosistema

**Dióxido de carbono:** Un gas de efecto invernadero que forma parte de la atmósfera de la Tierra; el aumento de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera es una de las causas del cambio climático

**Diversidad de especies:** Las variaciones en los diferentes tipos de seres vivos dentro de una zona

**Diversidad del ecosistema:** Las variaciones en los diferentes tipos de ecosistemas



**Diversidad genética:** Variaciones en el genoma de una especie o población

**Domesticada:** Una especie que se ha cambiado de su estado salvaje a fin de que sea más útil para un propósito específico

**Económico:** Relativo al dinero, los ingresos y el uso del capital.

**Ecosistema:** Una comunidad de seres vivos y cosas no vivas que interactúan dentro de un entorno físico

**Emergente:** Nuevo o recién presentado

**Endogamia:** Cuando parientes cercanos se aparean y producen crías

**Especie:** Un tipo de ser vivo, como un ser humano, un perro o una palmera

**Ético:** Justicia de algo.

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Genética dirigida:** Una técnica que edita genes específicos en una generación de una especie para asegurarse de que todas sus crías hereden los genes editados, en lugar de heredarlos al azar

**Genoma:** La secuencia de ADN completa de un ser vivo

**Herbicida:** Productos químicos utilizados para controlar o matar plantas no deseadas, como las malezas; normalmente se utilizan en la agricultura



**Identidad:** Las características que te diferencian de los demás

**Impermeable:** Que no permite que nada lo atraviese, como líquidos y gases

**Medioambiental:** Relativo al mundo natural.

**Mitigar:** Hacer que algo sea menos grave o perjudicial

**Modificado genéticamente:** Un ser vivo con ADN que los humanos han editado

**No tóxico:** Algo que no dañará a los seres vivos

**Pesticida bioquímico:** Sustancia no tóxica producida por un ser vivo que ayuda a combatir plagas, como insectos

**Pesticida:** Sustancia utilizada para eliminar plagas, como insectos, que podrían perjudicar las plantas cultivadas

**Pesticidas microbianos:** Utilizar bacterias, hongos, virus u otros seres vivos pequeños para matar plagas o plantas

**Rasgos:** Características

**Remediar:** Corregir, detener o invertir los daños al medioambiente

**Reproducción selectiva:** Un proceso en el que los seres humanos eligen dos animales dentro de una especie a fin de que se apareen para intentar producir crías con rasgos deseables

**Smog:** Una mezcla de contaminantes dañinos en el aire al nivel del suelo



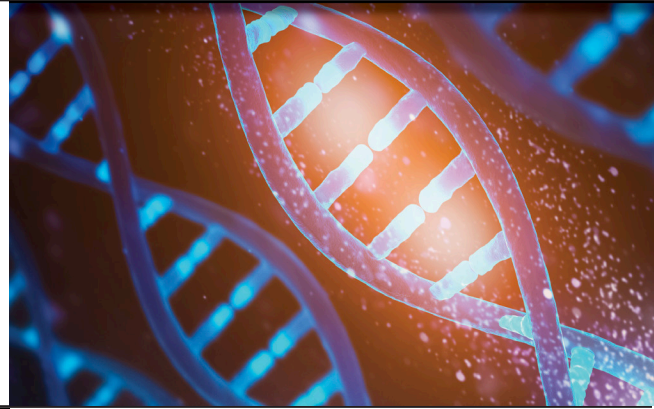
**Social:** Relativo a la interacción de las personas en una comunidad

**Tóxico:** Nocivo o venenoso

**Variaciones:** Diferencias en los seres vivos



# ¡BIOTECNOLOGÍA!



## Parte 7: Biotecnología y seguridad

**SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE  
HEALTH  
POLICY**  
the interacademy partnership

## Aviso de derechos de autor

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

## Aviso de derechos de autor

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 7. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson

Mentores de investigación  
Dra. Monique Mann  
Zabta Shinwari, Dr. en Ciencias

Revisores técnicos  
Edward Santow, BA, LLB, LLM, FAAL  
Kelsey Lane Warmbrod, MS, MPH

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

## Crédito de las imágenes

Portada: spainter\_vfx/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-1: Anup Shah/DigitalVision

Figura 7-2: Natalia Darmoroz/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-3: Natalia Darmoroz/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-4: metamorworks/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-5: Natalia Darmoroz/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-6: Prostock-Studio/iStock/Getty Images Plus; Prostock-Studio/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-7: filadendron/E+/Getty Images Plus

Figura 7-8: andegro4ka/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-9: andegro4ka/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-10: tane-mahuta/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-11: Freder/E+/Getty Images Plus; dennisvdw/iStock/Getty Images Plus; DikkyOesin/iStock/Getty Images Plus; Byrdyak/iStock/Getty Images Plus; Kinwun/iStock/Getty Images Plus; kwiktor/iStock/Getty Images Plus; CharlieBfl/iStock/Getty Images Plus; Alphotographic/iStock/Getty Images Plus; konmesa/iStock/Getty Images Plus

Figura 7-12: Heidi Gibson, Centro Smithsonian de Educación Científica



## PARTE 7: BIOTECNOLOGÍA Y SEGURIDAD

Planificador	254
<b>Tarea 1:</b> ¿Cómo puede la biotecnología ayudar con la seguridad?	255
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo se utiliza la biometría?	256
<b>Comprender:</b> ¿Cómo se usa tu rostro para identificarte?	262
<b>Actuar:</b> ¿Cómo debemos utilizar la biometría?	269
<b>Tarea 2:</b> ¿Cuáles son las amenazas a la seguridad que presenta la biotecnología?	273
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo podría la biotecnología ser perjudicial?	274
<b>Comprender:</b> ¿Cómo podemos mantenernos seguros?	278
<b>Actuar:</b> ¿Cómo podemos trabajar para un futuro seguro?	282
Glosario	284

### **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

Actividad	Descripción	Materiales y tecnología	Materiales adicionales	Tiempo aproximado	Número de página
<b>Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar con la seguridad?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora cómo funcionan las pruebas biométricas y cómo utilizarlas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Lápices</li> <li>• Cinta adhesiva transparente</li> </ul>		25 minutos	256
<b>Comprender</b>	Crea un modelo de tecnología de reconocimiento facial y considera cualquier problema con cómo se utiliza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Regla</li> </ul>	Impresiones de las figuras 7-8 y 7-10 (opcional)	25 minutos	262
<b>Actuar</b>	Elabora un conjunto de reglas para cuándo y cómo crees que se debe utilizar la biometría.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<u>Lista de preocupaciones éticas</u> (parte 1)	20 minutos	268
<b>Tarea 2: ¿Cuáles son las amenazas a la seguridad que presenta la biotecnología?</b>					
<b>Descubrir</b>	Explora los posibles resultados de situaciones de amenazas creadas por la biotecnología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>		20 minutos	273
<b>Comprender</b>	Investiga las vulnerabilidades de las amenazas de la biotecnología dentro de tu comunidad y piensa en posibles maneras de prevenir problemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Computadora (opcional)</li> </ul>		30 minutos + tiempo de investigación	276
<b>Actuar</b>	Comparte información sobre las amenazas de la biotecnología con tu comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> <li>• Computadora (opcional)</li> </ul>		15 minutos + tiempo de acción	280





## Tarea 1: ¿Cómo puede la biotecnología ayudar con la seguridad?

Los seres humanos tienen muchas diferencias físicas individuales. Utilizamos estas diferencias físicas para ayudar a identificarnos mutuamente. La **biometría** es cuando esta identificación se hace automática mediante la medición de las diferencias físicas entre individuos. La biometría puede ser muy útil, pero existen preocupaciones de que también se pueda utilizar de manera dañina. En esta tarea, primero **descubrirás** más acerca de cómo tú y tu comunidad ya utilizan la biometría. Luego, **comprenderás** más acerca de cómo funciona la biometría y diseñarás tu propio sistema biométrico. Por último, considerarás las consecuencias del uso generalizado de la biometría y decidirás cómo utilizarás esa información para **actuar**.

### *Conoce a tu mentora de investigación*



Conoce a la Dra. Monique Mann. Monique (pronunciado mo-NIK) es una de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan aprovechar la **biotecnología** para mejorar la seguridad de forma ética. Como investigador de acción, también estás tratando de mejorar la seguridad de forma ética con el uso de nuevas tecnologías. Monique será tu mentora de investigación para ayudarte a entender mejor el rol que la biotecnología puede desempeñar en la seguridad.

Monique es una profesora sénior de criminología. Tiene un doctorado en los efectos que la vigilancia contra el crimen organizado tiene sobre los derechos humanos. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que ahora Monique va a trabajar contigo, es importante entender quién es.

Para ayudarte, Monique completó un mapa de identidad, tal como tú lo hiciste en la parte 1. El mapa de identidad de Monique incluye la siguiente información:

- 34 años
- Caucásica
- Femenino
- Vive en la playa de Victoria, Australia
- Está interesada en nuevas tecnologías, vigilancia y derechos humanos
- Le gusta el yoga, el surf, las aventuras en la naturaleza y acampar
- Tiene hipermetropía, así que usa anteojos para leer; tiene ojos verdes

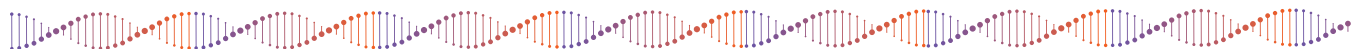


- Curiosa
- Amante de los perros: “Tengo dos perros a los que amo mucho: Maxi es un dálmata y Félix es un braco alemán de pelo corto”.

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Monique.

- ¿Tienes algo en común con Monique?
- ¿En qué te diferencias de Monique?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Monique, además de sus títulos universitarios, que la ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre seguridad?

En esta tarea, notarás que Monique comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** *¿Cómo se utiliza la biometría?*

Hay miles de millones de personas en la Tierra y cada persona es única. Esta **variación** es útil de muchas maneras. Por ejemplo, las variaciones entre los **genes** hacen que sea más probable que la población humana tenga personas que puedan resistir una enfermedad o vivir en un entorno hostil. Las variaciones entre las culturas pueden proporcionar nuevos enfoques a los problemas. Las variaciones entre las ideas pueden generar nuevas soluciones o avances. Las variaciones en el aspecto humano pueden ayudar a identificarte como una persona específica. Usar tu biología de esta manera puede ser una herramienta útil para la seguridad. Por ejemplo, la biometría se puede utilizar para asegurarse de que las personas correctas tengan acceso a cosas como un teléfono o información como un estado de cuenta bancaria.

Los humanos primitivos vivían en grupos pequeños y pueden haber sido capaces de reconocer a casi todos con quienes necesitaban interactuar, porque los conocían personalmente. Sin embargo, en la época moderna, la mayoría de las personas interactúan con muchas personas que no conocen personalmente, a menudo todos los días. ¿Cómo sabe alguien que tú eres tú, y por qué es importante? En esta actividad, comenzarás a pensar en esas preguntas para ti y para tu comunidad.



1. Examina las cebras en la figura 7-1. Al principio, puedes pensar que parecen idénticas, pero examínalas de cerca. ¿Notas alguna diferencia entre las marcas de las dos cebras? Trabaja con un compañero y señala cualquier diferencia que notes.



Figura 7-1: ¿En qué se diferencian estas dos cebras?

2. Piensa para ti. El patrón de rayas de cada cebra es único. Esto significa que el patrón se puede utilizar para identificar a una cebra específica. ¿Hay cosas sobre tu apariencia física que sean únicas, como las rayas de una cebra? Crea una lista de **rasgos** físicos que crees que podrían utilizarse como biometría para identificarte de manera única.
3. Una cosa que puedes haber enumerado son tus huellas digitales. Ahora, nos tomaremos algunos minutos para explorar las diferencias entre tus huellas digitales y las de tus compañeros de clase.
4. Lee las Instrucciones de la actividad de huellas digitales.

### Instrucciones de la actividad de huellas digitales

Para esta actividad, necesitarás un papel blanco, un lápiz y un poco de cinta adhesiva transparente.

- a. Cerca de la parte superior del papel, usa tu lápiz para sombrear un área pequeña.
- b. Frota la punta de tu dedo sobre el área sombreada hasta que el grafito del lápiz cubra el extremo del dedo.



- c. Toca con el dedo y presiona sobre el lado pegajoso de un trozo de cinta adhesiva.
- d. Voltea la cinta y pégala en la parte inferior del papel.
- e. Repite el proceso con diferentes dedos, si lo deseas.
- f. Examina tu huella digital cuidadosamente. Hay tres tipos principales de patrones que verás: arcos, bucles y espirales, pero hay variaciones dentro de estos tipos. ¿Qué tipo o tipos notas en tus huellas digitales?

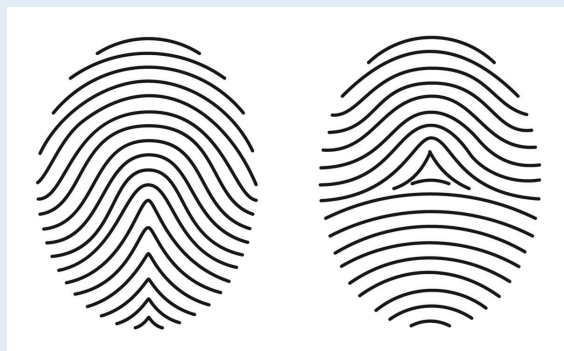


Figura 7-2: Ejemplos de patrones de arco en las huellas digitales.

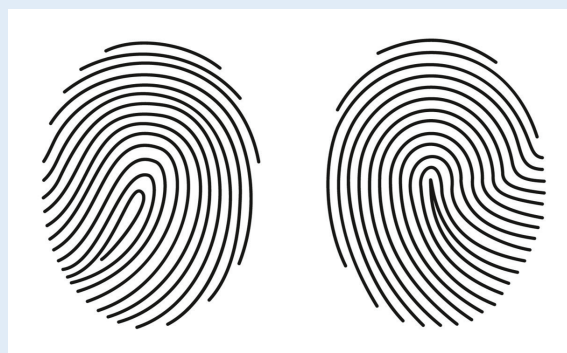


Figura 7-3: Ejemplos de patrones de bucle izquierdo y bucle derecho en las huellas digitales.



Figura 7-4: Ejemplos de patrones de espiral en las huellas digitales.

- g. Compara tus huellas digitales con las de tus compañeros de equipo, especialmente si tienen el mismo tipo de patrón que tú. ¿Algunas de sus huellas son exactamente iguales?



5. Conversa con tus compañeros de equipo sobre lugares o momentos en los que has notado que las huellas digitales se utilizan para identificar a las personas. ¿Alguna vez has usado tus huellas digitales para identificarte?

 **Consejo de seguridad emocional**

A veces, la policía u otros agentes de la ley pueden utilizar las huellas digitales. Es posible que hayan tomado tus huellas digitales o que conozcas a alguien a quien se las tomaron para este propósito. Es posible que tengas sentimientos intensos acerca de esa experiencia. Eso está bien. Más adelante en esta tarea, pensarás en cuándo crees que se debe utilizar la biometría, como las huellas digitales. Pero si estás molesto ahora, está bien hacer una pausa y tomar un descanso. Si no te sientes cómodo compartiendo tu experiencia con las huellas digitales, no es necesario que la compartas.

6. Vuelve a la lista que hiciste de rasgos sobre las personas que se podrían utilizar para identificarlas. Comparte tus ideas con tus compañeros de equipo y creen una lista del grupo. Piensen juntos en si hay algo más que agregar. Asegúrense de considerar lo siguiente:
- ¿Pueden pensar en cualquier biometría que pueda depender de algo además de la apariencia? Por ejemplo, ¿crees que los seres humanos pueden tener sonidos u olores únicos?
  - ¿Hay formas de distinguir a las personas si tienes una muestra de las células de su cuerpo, como una gota de sangre, un poco de saliva o un cabello?
7. Leer *Biometría e identidad*.

### **Biometría e identidad**

Algunas personas creen que los elementos físicos, como las llaves o las tarjetas, o la información, como una contraseña o un número de identificación, no son seguros. Los artículos físicos o la información se pueden perder, robar o entregar a otra persona.

¿Qué pasaría si, en cambio, utilizáramos las variaciones entre los seres humanos como una herramienta de seguridad? Hay muchos datos biométricos únicos de los seres humanos que pueden ayudar a identificar a personas específicas.

Las computadoras se pueden programar para identificarte usando tu información biométrica única. Para hacer esto, la computadora compara una muestra de tu información biométrica (como tu huella digital) con una **base de datos** de la información biométrica de muchas personas, hasta que encuentra una coincidencia. Algunas bases de datos biométricos (o conjuntos de información) incluyen más de mil millones de muestras.



## Aspecto físico

La biometría se relaciona con mayor frecuencia con el aspecto físico, como los siguientes elementos:

- Huellas digitales
- Reconocimiento facial
- Escaneo del iris (ojo)
- Huellas de la palma
- El patrón de las venas (biometría vascular)



Figura 7-5: Ejemplos de tipos de datos biométricos, incluidos el rostro, la voz y el iris.

## Otra información biométrica

A veces, también se utilizan herramientas para identificar otras medidas biométricas, como los siguientes elementos:

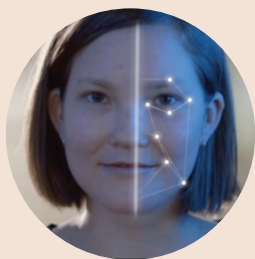
- Reconocimiento de voz
- Análisis de la marcha (la forma en que caminas)
- Análisis de **ADN**

8. Piensa en los diferentes tipos de biometría y en tu experiencia con ellos. Si te sientes cómodo haciéndolo, cuéntales a tus compañeros de equipo acerca de una vez que se usó la biometría para identificarte.



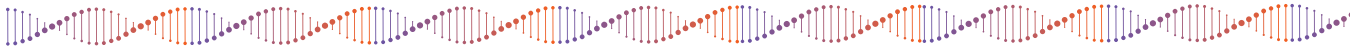
9. Con tu equipo, analicen cualquier ejemplo que se les ocurra en relación con cómo se puede utilizar la biometría para los siguientes objetivos:
  - a. Permitir que la gente acceda, o no, a lugares específicos
  - b. Permitir el acceso a cosas específicas que tienes o usas
  - c. Permitirte acceder, o no, a datos o información específica
  - d. Averiguar quién estaba o está en un lugar específico
10. Pídele a cada miembro del equipo que elija un tipo de dato biométrico del cuadro *Biometría e identidad* y que comparta con el equipo las ventajas y desventajas relacionadas con los siguientes elementos:
  - a. Qué tan preciso crees que es, por ejemplo, se podría utilizar para identificarte sin confundirte con otra persona
  - b. Si se podría utilizar sin tu conocimiento
  - c. Si hay diferencias físicas que podrían hacer que una persona no pueda usar este método biométrico, como si a una persona le falta un dedo y el dato biométrico es una huella digital
11. Lee las opiniones de Monique sobre la recopilación de datos a través de la biometría. ¿Por qué podría preocuparles a las personas que se recopilen datos sobre ellas mismas a través de la biometría?

**Monique dice lo siguiente: . . .**



Creo que las personas de verdad deben ser conscientes de lo que está sucediendo en lo relativo a por qué se recopila su información, y cómo se utiliza, almacena, comparte y analiza. A menudo, cuando leemos los términos de uso o servicio, simplemente hacemos clic en “aceptar” y no sabemos lo que quieren decir. Definitivamente hay aplicaciones positivas de la tecnología biométrica. Pero debemos pensar en recopilar datos para un propósito específico y solo para ese propósito y, luego, eliminarlos cuando ese propósito se haya logrado.





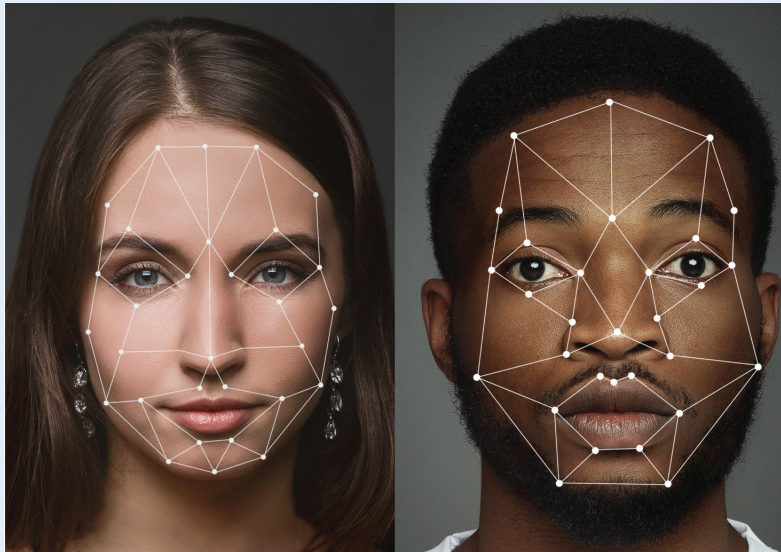
## **Comprender:** ¿Cómo se usa tu rostro para identificarte?

Hay muchos tipos de biometría, pero para la mayoría de ellos, debes escanear algo de forma individual, como un ojo, una huella digital o una muestra de ADN. La tecnología de reconocimiento facial es un poco diferente. Puede escanear a muchas personas muy rápidamente. Se puede utilizar en un área pública y, a veces, sin el conocimiento de las personas. En esta actividad, aprenderás más acerca de cómo funciona y pensarás en las formas en las que se puede utilizar.

1. Lee *Reconocimiento facial*.

### **Reconocimiento facial**

Piensa en tu rostro como si fuera un mapa. En la tecnología de reconocimiento facial, las características que se destacan fácilmente, como la nariz, los ojos y la boca, se denominan **puntos de referencia**. El reconocimiento facial funciona mediante la creación de puntos en diferentes partes de los puntos de referencia y, luego, la medición del espacio entre estos. Por ejemplo, se podría medir el espacio entre los dos bordes de un ojo o el espacio entre un labio superior y la parte inferior de una nariz. En la figura 7-6, se muestran algunos ejemplos. Los puntos blancos son puntos de referencia y las líneas miden el espacio entre ellos.



*Figura 7-6: Ejemplos de puntos de referencia de reconocimiento facial.*

Una vez que se mide la distancia entre los puntos de referencia, esta se compara con los datos existentes para encontrar una coincidencia.





A veces, se compara con un escáner biométrico existente para verificar que la persona escaneada sea la persona correcta. Esto se denomina reconocimiento facial uno a uno. Así es como funciona el reconocimiento facial en los teléfonos, por ejemplo. Tu teléfono contiene una copia almacenada de tu escáner de reconocimiento facial, que compara con tu rostro para desbloquearse.

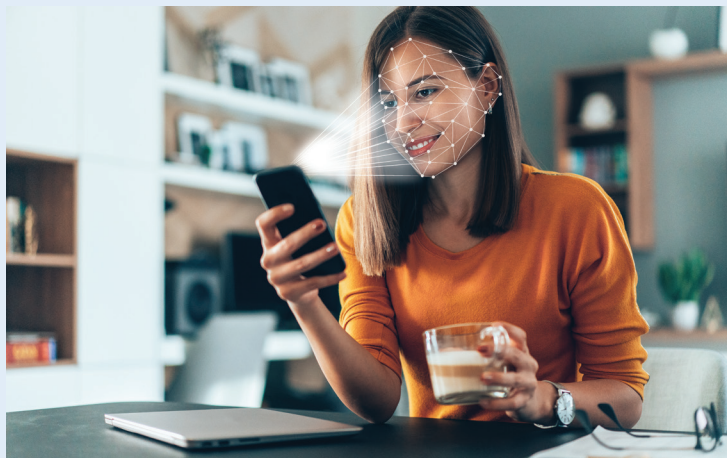


Figura 7-7: Uso de un teléfono para el reconocimiento facial.

A veces, una imagen se compara con una gran base de datos de imágenes para identificar a alguien. Esto se denomina reconocimiento facial de uno a varios. Un ejemplo de esto sería utilizar el reconocimiento facial en la vigilancia policial para identificar a alguien que se sospecha que cometió un delito.

2. Piensa como un diseñador biométrico y comparte tus respuestas a estas preguntas con tu equipo.
  - a. ¿Cuáles serían algunas de las dificultades para medir los puntos de referencia en un rostro?
  - b. ¿Qué puntos de referencia crees que usarías en un rostro humano?
3. Ahora, tendrás la oportunidad de crear un reconocimiento facial biométrico usando rostros no humanos. Elige una de las imágenes de gatos monteses que se muestran en la figura 7-8.
4. Si estás utilizando una versión impresa de estas imágenes, coloca un papel a través del cual puedas ver sobre la imagen que seleccionaste o coloca la imagen en la ventana y apoya un papel sobre ella. Si estás utilizando esta guía de forma digital, coloca un papel sobre la pantalla. Usa un lápiz para marcar ligeramente los puntos en los bordes de los principales puntos de referencia faciales. Utiliza 10 puntos o menos. No le muestres a nadie más qué gato estás utilizando para crear tu escáner biométrico.





Tigre



Guepardo



León



Leopardo



Pantera negra



Leopardo de las nieves



Puma



Lince



Manul

Figura 7-8: Imágenes de gatos monteses.



5. Vuelve a colocar el papel en una superficie plana y usa una regla para conectar los puntos y crear un escáner biométrico. En la figura 7-9, se muestra un ejemplo.

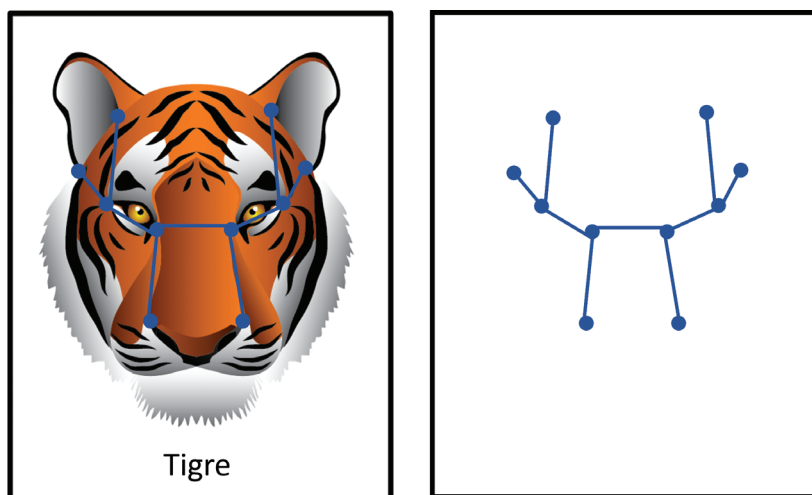


Figura 7-9: Biometría de reconocimiento facial de la imagen del tigre.

6. Intercambia los escáneres biométricos con un compañero. ¿Ambos pueden identificar qué gato utilizó el otro para crear su escáner biométrico?

7. Analiza con tu equipo:

a. ¿Qué fue difícil en esta actividad?

b. ¿Crees que es más difícil crear escáneres faciales para algunos gatos que para otros? Si es así, ¿por qué?

8. Ahora, crea un escáner biométrico del rostro del tigre de la figura 7-10. Es posible que necesites usar más puntos para crear los puntos de referencia. Intenta utilizar la menor cantidad posible.



Figura 7-10: Rostro del tigre.



9. Compara tu escáner biométrico con los animales que se muestran en la figura 7-11. ¿Puedes encontrar una coincidencia? No utilices la imagen para comparar, solo tu escáner biométrico. Compara tu respuesta con la de tus compañeros de equipo.



Figura 7-11: Base de datos biométricos de gatos monteses.



10. Lee Sesgo y reconocimiento facial.

### Sesgo y reconocimiento facial

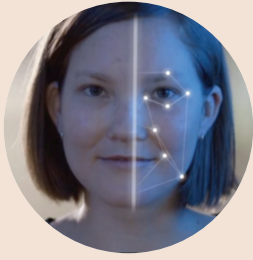
Actualmente, el reconocimiento facial no funciona igual de bien para todos los grupos. Por ejemplo, en el caso de las personas con piel más oscura o con maquillaje, muchos escáneres de reconocimiento facial pueden tener dificultades para decidir dónde colocar los puntos de referencia faciales. Las computadoras escanean muchas fotos de referencia para aprender a reconocer las diferencias entre los rostros. Sin embargo, si estas fotos de referencia son demasiado similares, por ejemplo, si las personas de las fotos son en gran medida de un solo grupo étnico o género, a veces, la computadora se volverá mejor para identificar las diferencias entre las personas de ese grupo que entre las personas de otros grupos. Estos problemas con la tecnología crean **sesgos**, una situación en la que grupos específicos se tratan de manera desigual.

También hay otro problema de sesgo en el reconocimiento facial. Si hay muchas personas que se parecen a ti en una base de datos, es más probable que te identifiquen equivocadamente como una coincidencia, algo que se conoce como un **falso positivo**.

Es posible que hayas creado un falso positivo en la última actividad. ¿Encontraste una coincidencia para los datos biométricos de tu tigre? Ninguno de los tigres de la figura 7-11 coincide con tu escáner biométrico. Sin embargo, debido a que había tantos tigres presentes en la base de datos, es posible que tú o alguien de tu equipo haya identificado una coincidencia.

11. Considera la siguiente situación: Una base de datos de la policía tiene muchas personas de un grupo racial o étnico específico. Analiza con tu equipo:
- ¿Sería más probable que hubiera un falso positivo si fueras parte de ese grupo racial o étnico?
  - ¿Qué impacto crees que podrían tener esas identificaciones positivas falsas?
  - Lee las ideas de Monique. ¿Qué problema identifica?

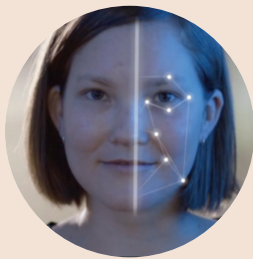


**Monique dice lo siguiente: . . .**

El reconocimiento facial de uno a varios utiliza bases de datos para identificar personas desconocidas. A menudo, el reconocimiento de uno a varios también se utiliza en un entorno cambiante y en vivo, como para rastrear a alguien a medida que se mueve en un espacio público con CCTV (televisión de circuito cerrado, por sus siglas en inglés) o cámaras de seguridad. En esas situaciones, se ha demostrado que el reconocimiento facial está sesgado contra las personas de color y, en particular, contra las mujeres de color. Parte de esto se debe a los **algoritmos** y los conjuntos de datos utilizados con el objetivo de entrenar a la computadora para que encuentre una coincidencia. El otro problema son los datos utilizados para crear la base de datos. Por ejemplo, si usas fotos que se tomaron cuando las personas estaban arrestadas, si tienes grupos, como personas de color, que están desproporcionadamente sobrerrepresentados en cosas como el sistema de justicia criminal, ese sesgo también se convierte en parte de la base de datos y el sistema de reconocimiento facial.

**12. Analízalo con un compañero:**

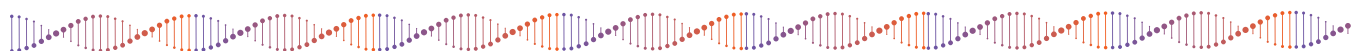
- ¿Qué opinas sobre las ventajas y desventajas de utilizar la tecnología de reconocimiento facial?
- ¿Cuáles son algunas oportunidades para utilizar el reconocimiento facial de manera positiva?
- ¿Cómo se podría utilizar el reconocimiento facial para rastrear a qué lugares van las personas y qué hacen? ¿Crees que es un problema?
- Lee las ideas de Monique. ¿Compartes sus preocupaciones?

**Monique dice lo siguiente: . . .**

Todos estamos bajo vigilancia y no solo por parte del Gobierno y las autoridades; los que realmente son los mejores en el reconocimiento facial son las empresas, como las de redes sociales. Si tienes una cuenta de redes sociales a la que subes fotos, a menudo estas imágenes se pueden usar para crear una plantilla biométrica y agregarse a una base de datos de reconocimiento facial. A veces, los organismos encargados del cumplimiento de la ley pueden acceder a estas bases



de datos. Las empresas también utilizan esta información con el objetivo de desarrollar perfiles acerca de las personas para dirigir la publicidad hacia ellas a fin de convencerlas de comprar cosas. La biometría tiene el potencial de vincular tu presencia física en la vida real y, potencialmente, toda esta otra información sobre ti que se encuentra en las bases de datos o en Internet.

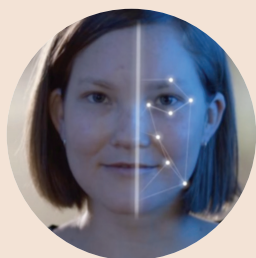


### **Actuar:** ¿Cómo debemos utilizar la biometría?

La biometría puede ser una herramienta útil para identificar a las personas. En esta actividad, considerarás las preocupaciones éticas sobre el uso de la biometría y crearás un conjunto de reglas para limitar cuándo y cómo se debe utilizar.

1. Lee la *Lista de preocupaciones éticas* que creaste en la parte 1 y, luego, lee lo que dice Monique. ¿Existen preocupaciones éticas que puedan estar relacionadas con el uso de la biometría? Utiliza estas ideas en la siguiente actividad.

### **Monique dice lo siguiente: . . .**



Debemos ser muy conscientes del contexto y el propósito del uso de una tecnología y lo que eso significa para las personas en la sociedad. En el caso de la biometría, existen riesgos claros en lo relativo a la violación de derechos humanos fundamentales: no solo el derecho a la privacidad, sino muchos otros, como la libertad de expresión política, la antidiscriminación y la **libertad de asociación** [la libertad de unirse a otros para expresar o defender intereses similares]. La privacidad es un derecho fundamental que es necesario para todos estos otros derechos.

2. Lee las *Situaciones de biometría*. Asigna una situación a cada miembro del equipo o crea tus propias situaciones. Piensa en la situación y compártela con tu equipo:
  - a. ¿Qué problemas éticos podrían ser parte de esta situación?
  - b. ¿Crees que se debería utilizar una herramienta biométrica? ¿Por qué?



- c. Si decides utilizar una herramienta biométrica, ¿cuál usarías? Por ejemplo, ¿usarías reconocimiento facial, de iris, de palmas, de huellas digitales, de voz, de ADN, o análisis de la marcha?

### Situaciones de biometría

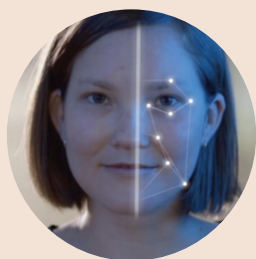
- a. Hay un gran evento deportivo al que asisten muchas personas y estás revisando si hay criminales buscados.
- b. Eres propietario de una empresa que tiene información confidencial almacenada dentro del edificio donde trabajan los empleados.
- c. Estás diseñando los controles de aduana de un país y deseas asegurarte de saber quién ingresa y sale de tu país.
- d. Trabajas para las autoridades locales y estás buscando a un niño perdido.
- e. Tienes un sistema bancario al que las personas necesitan acceder de manera segura en línea.
- f. Tienes una tienda grande y te gustaría hacer que las opciones de pago fueran más convenientes.
- g. Trabajas en un sitio de redes sociales y deseas facilitar la identificación de las personas en fotos que se publican.
- h. Quieres detener el vandalismo en un parque del centro de la ciudad.
- i. Quieres encontrar una manera fácil y segura para que las personas accedan a sus teléfonos inteligentes.
- j. Está tratando de publicitar tus productos y quieres poder personalizar las carteleras que ven las personas.
- k. Quieres que tu teléfono o dispositivo personal del hogar reconozca tu voz cuando le hagas una pregunta en voz alta.
- l. Eres el líder de una escuela y quieres asegurarte de que solo los estudiantes y el personal estén presentes en el edificio de la escuela.
- m. Trabajas para una autoridad de tránsito y quieres encontrar una manera de reducir las colas de los vehículos que pasan por el control de entrada.
- n. Estás tratando de identificar los cuerpos de personas que murieron en un desastre natural.
- o. Eres un trabajador del Gobierno y muchas personas están protestando en contra de algo que el Gobierno ha hecho. Te gustaría obtener más información sobre quién es parte de la protesta.





3. Piensa para ti. ¿Algunas personas de tu equipo tienen diferentes perspectivas sobre cuándo se debe utilizar la biometría? ¿Por qué las opiniones de los demás son importantes cuando se considera la biometría?
4. Diferentes lugares están haciendo reglas muy distintas en relación con el reconocimiento facial. Lee las ideas de Monique para obtener más información.

**Monique dice lo siguiente: . . .**



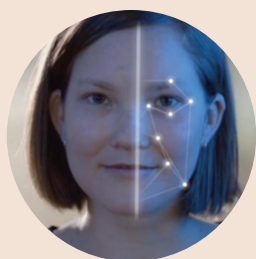
Los diferentes lugares tienen reglas distintas para la protección y privacidad de los datos. Por ejemplo, hay propuestas en la Unión Europea para prohibir el reconocimiento facial o limitar el uso de reconocimiento facial en espacios públicos, a menos que sea en ciertas condiciones extremas, como un niño perdido o un ataque terrorista inminente. En otros lugares, está menos regulado y, por ejemplo, las empresas tienen permitido filmarte con tan solo poner un pequeño letrero en alguna parte que diga que lo están haciendo. Es posible que las personas ni siquiera estén al tanto, y puede que sepan o no exactamente lo que está sucediendo.

5. Lee estas tres reglas de reconocimiento facial. Elige la regla que te haría sentir más cómodo. Debate con tu equipo sobre por qué hiciste esa elección.
  - a. Un país ha decidido no utilizar el reconocimiento facial en áreas públicas para detener cualquier abuso y proteger la privacidad de las personas.
  - b. Un país utiliza algo de reconocimiento facial en áreas públicas y permite crear una base de datos de reconocimiento facial a partir de las imágenes de las licencias de conducir de algunas personas de ese país.
  - c. Un país utiliza ampliamente el reconocimiento facial. Todos los espacios públicos y el transporte se monitorean mediante el reconocimiento facial, para detener cualquier delito y garantizar que las personas sean quienes dicen ser.
6. Piensa para ti: Si tuvieras que hacer las reglas sobre cuándo y cómo se podría utilizar la biometría, ¿qué reglas harías? Escribe o busca otra forma de registrar tu respuesta. Asegúrate de considerar lo siguiente:
  - a. ¿Se debería usar la biometría cuando las personas no saben que se está utilizando?
  - b. ¿Cómo podrías proteger a las personas de las identificaciones con falsos positivos?



- c. ¿Hay ciertos lugares en los que está bien utilizar la biometría? ¿Crees que en otros lugares no está bien?
  - d. ¿Está bien que la biometría te rastree a medida que te mueves durante el día?
  - e. ¿Quién debería ser capaz de acceder a las recopilaciones de datos biométricos y durante cuánto tiempo se deberían conservar los datos?
  - f. ¿Cómo se deberían crear las bases de datos biométricos? Por ejemplo, ¿habría que aceptar participar? ¿La base de datos debería incluir solo a las personas que han sido arrestadas? O ¿se debe permitir extraer imágenes que se publicaron en las redes sociales para crear la base de datos?
7. ¿Por qué crees que es importante hablar con los demás acerca de estas ideas? Lee las opiniones de Monique y considera qué conversación te gustaría tener sobre el uso de la biometría.

**Monique dice lo siguiente: . . .**



Creo que necesitamos una consulta más amplia y un debate comunitario sobre el papel de la tecnología en nuestras vidas y el tipo de sociedad en la que queremos vivir. Existen aplicaciones positivas y negativas de la tecnología biométrica. Debemos pensar en el tipo de valores que estamos incorporando en la tecnología y en la forma en que la usamos. ¿Qué significa vivir en un estado de vigilancia donde se puede utilizar la tecnología para supervisar y controlar a toda la población? ¿Qué estamos tratando de lograr en relación con el tipo de sociedad en la que queremos vivir y las protecciones apropiadas de los derechos humanos?

8. Analiza tus opiniones sobre las reglas biométricas con un amigo o familiar más tarde hoy o mañana. ¿Tiene algunas ideas o preocupaciones diferentes de las tuyas? Escucha atentamente para comprender por qué podría tener una perspectiva diferente de la tuya y explica tu perspectiva de forma cuidadosa.



## Tarea 2: ¿Cuáles son las amenazas a la seguridad que presenta la biotecnología?

La biotecnología utiliza seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades. A veces, esto significa diseñar organismos nuevos o modificados por medio de la reproducción selectiva o la modificación genética. Otras veces, esto significa mover sistemas biológicos u organismos a nuevos lugares, o utilizarlos de nuevas maneras a fin de crear cosas o brindar servicios que sean útiles para las personas. Como aprendiste, ambos enfoques biotecnológicos crean enormes oportunidades para mejores alimentos, materiales, salud humana, y un uso de recursos más **sostenible**. Estos enfoques también crean posibles amenazas para un futuro seguro de las personas y el planeta.

En esta tarea, aprenderás acerca de esas amenazas y cómo puedes ayudar a prevenirlas. Primero, **descubre** formas en las que la biotecnología podría causar daños. A continuación, investiga las vulnerabilidades de tu comunidad para **comprender** más sobre las maneras de protegerse contra estas amenazas. Por último, **actúa** para compartir esta información con otras personas de tu comunidad.

### *Conoce a tu mentor de investigación*



Conoce al Dr. Zabta Shinwari. Zabta es uno de los numerosos investigadores de todo el mundo que intentan proteger al planeta de las amenazas de la biotecnología. Como investigador de acción, estás haciendo lo mismo. Zabta será tu mentor de investigación para ayudarte a comprender más acerca de las posibles amenazas de la biotecnología.

Zabta es profesor emérito en la Universidad Quad-i-Azam en Pakistán y fue secretario general de la Academia de las Ciencias de Pakistán. Es especialista en biotecnología y bioseguridad, y recibió el premio Avicenna de la ética en el quehacer científico de parte de la Unesco en el 2015. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que Zabta ahora trabaja contigo, es importante que lo conozcas.



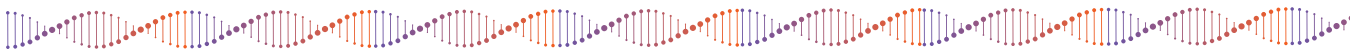
Para eso, Zabta completó un mapa de identidad, como tú lo hiciste en la parte 1. El mapa de identidad de Zabta incluye lo siguiente.

- Nació en la tribu Shinwari, en la frontera de Afganistán y Pakistán
- Alto, con cabello negro y piel clara
- Le gusta viajar, conversar con amigos y caminar por la naturaleza
- Divertido, amable y sensible
- Comprometido a extender la educación superior a las comunidades abandonadas en Pakistán
- Nacido en una familia grande, ¡con siete hermanos y una hermana!
- Se casó con otra pastún (su etnia) y tienen cinco hijas y dos hijos
- Cuatro de sus hijas obtuvieron doctorados, lo que lo hace sentir muy orgulloso.
- Interesado en trabajar con comunidades indígenas en Pakistán, tratando de proteger sus conocimientos y encontrar maneras de reducir la pobreza
- Le gusta escribir; ha publicado nueve libros y 445 artículos

Antes de que comiences esta tarea, reflexiona acerca del mapa de identidad de Zabta.

- ¿Tienes algo en común con Zabta?
- ¿En qué te diferencias de Zabta?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Zabta, además de sus títulos universitarios, que lo ayudaría a comprender diferentes perspectivas o ideas sobre biotecnología y seguridad?

En esta tarea, notarás que Zabta comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a encontrar mejores maneras de investigar o que comparta algunas de las investigaciones que ha realizado.



### **Descubrir:** *¿Cómo podría la biotecnología ser perjudicial?*

Cada día, probablemente piensas en el futuro y en los riesgos. Por ejemplo, si estás pensando en tu día y sabes que vas a salir a la hora del almuerzo, puedes pensar que existe un riesgo de que tengas hambre y, por eso, comes un refrigerio. O si estás caminando cerca de una calle con muchos autos, puedes pensar que existe un riesgo de que te choquen, por lo que te mantienes lejos del borde. Pensar en lo que es probable que suceda en el futuro se denomina **previsión**. En esta actividad, utilizarás



la previsión como una herramienta para pensar en los posibles futuros de diferentes herramientas de biotecnología.

1. Toma un papel y divídelo en dos columnas. Escribe como título en la primera columna: "Útil". Escribe como título en la segunda columna: "Perjudicial".
2. Lee la *Situación uno* para ti. Cada situación de esta sección se basa en un evento del mundo real. Para obtener más información, consulta el *StoryMap de ¡Biotecnología!*

### Situación uno

Un grupo de científicos está investigando formas en las que los virus podrían mutar para volverse más peligrosos. Utilizan herramientas de biotecnología para producir mutaciones específicas a fin de crear virus que sean más perjudiciales para los seres humanos, de modo que puedan comprender cómo combatir estos virus. Estos virus modificados genéticamente y la información sobre ellos se conservan en laboratorios seguros. Si los virus salieran del laboratorio y se propagaran entre la población, habría riesgos para la salud humana.

3. Analiza con tu equipo las posibles **consecuencias** futuras que se te ocurran para esta situación. Una consecuencia es el resultado final de algo. Piensa en las posibles maneras en que la situación descrita podría crear consecuencias que beneficien o perjudiquen a las personas y al planeta. Escribe o dibuja tus respuestas en la columna que corresponde.
  - a. *Útil*: ¿Cuáles son las posibles consecuencias futuras que podrían ayudar a las personas o al planeta? Enuméralas en esta columna.
  - b. *Perjudicial*: ¿Cuáles son las posibles consecuencias futuras que podrían dañar a las personas o al planeta? En esta columna, enumera consecuencias que podrían dañar a pocas personas, a otros seres vivos, a muchas personas o a ecosistemas completos.

#### Consejo de seguridad emocional

Pensar en cosas terribles que podrían ocurrir en el futuro puede ser aterrador y estresante. No hay consecuencias malas o catastróficas que ya estén decididas. Si comprendes los problemas que te preocupan ahora, puedes ser parte del esfuerzo para evitar estas consecuencias. Los científicos y otras personas de todo el mundo también están trabajando arduamente para prevenir estos tipos de consecuencias.



4. Lee las opiniones de Zabta. ¿Sus ideas te hacen pensar en otras posibles consecuencias útiles o perjudiciales? Si es así, agrégalas a tu lista ahora.

**Zabta dice lo siguiente: . . .**



Utilizar la biotecnología y la edición genética es cada vez más fácil. Es más fácil modificar los virus. Esto significa que más investigadores tienen acceso a esta tecnología y existe una mayor posibilidad de que los virus escapen de un entorno de investigación. Es importante que las personas conozcan las formas en que se puede utilizar la biotecnología de manera indebida, a fin de que comprendan cómo puede volverse peligrosa. Los virus no respetan las fronteras. Una vez que un virus circula entre una población, puede ir a cualquier lugar, como aprendimos con el COVID-19.

5. Lee las *situaciones dos, tres, cuatro y cinco* para ti. Para cada situación, registra cosas que podrían ser útiles y perjudiciales en la columna correspondiente de tu papel. Asegúrese de considerar cómo se pueden propagar enfermedades, plagas y desinformación, y cómo ello puede afectar la salud humana y animal, el medioambiente y las economías.

**Situación dos**

Muchas granjas de todo el mundo crían cerdos para producir carne. A veces, los equipos, las personas o el alimento van de una granja a otra. Recientemente, algunos cerdos están contrayendo una grave enfermedad que mata a la mayoría de ellos en un plazo de 20 días. La enfermedad no daña a los seres humanos, incluso si comen carne de cerdos infectados. Existe el riesgo de que esta enfermedad se propague entre cerdos de diferentes granjas, lo que afectaría a granjeros, consumidores y a toda la economía.



### Situación tres

En un país, el alimento principal básico es el maíz (o elote). Aunque cultivan mucho maíz, este país también lo importa de otros lugares. Uno de esos lugares está en otro continente. Los productores de maíz de ese continente tienen problemas, porque hay un insecto que ataca y come sus cultivos. Existe el riesgo de que este insecto se propague al país a través del maíz importado.

### Situación cuatro

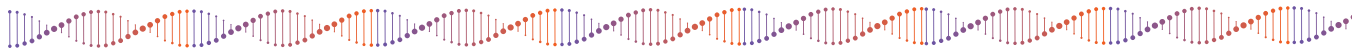
Los científicos son capaces de utilizar la biotecnología con el fin de crear rápidamente vacunas, medicamentos y tratamientos útiles y seguros para ayudar a prevenir y curar enfermedades. Sin embargo, hay malentendidos y desinformación sobre estas tecnologías, lo que lleva a un gran temor y sospecha sobre el uso de las vacunas, los medicamentos o los tratamientos. Existe el riesgo de que esta desinformación errónea se propague entre las personas y las lleve a tomar decisiones que no son buenas para su salud.

### Situación cinco

La capacidad de secuenciar rápidamente el ADN y desarrollar tratamientos que se dirigen a secuencias de ADN específicas está revolucionando la medicina. Sin embargo, existe el riesgo de que los científicos puedan utilizar secuencias de ADN para crear un **arma biológica** que se enfoque en una persona específica o en un grupo de personas estrechamente relacionadas, como una familia o un grupo étnico.

6. Compara tus listas de elementos *útiles* y *perjudiciales* con las de los miembros de tu equipo.
  - a. ¿Hay algunas consecuencias que se les ocurrieron a otros miembros de tu equipo que te gustaría agregar a tus listas? Puedes hacerlo ahora.
  - b. ¿De qué manera algunas de las cosas que podrían suceder te podrían ayudar o perjudicar personalmente?
7. Considera las consecuencias perjudiciales que enumeraste. Examina tu *Panel de tendencias del futuro* de la parte 1. Agrega cualquier preocupación nueva que tengas ahora. En la siguiente actividad, pensarás en cómo evitar que esas consecuencias sucedan.





## **Comprender:** ¿Cómo podemos mantenernos seguros?

Algunas herramientas de biotecnología e investigación se pueden denominar **tecnologías de doble uso**. Las tecnologías de doble uso se pueden utilizar con un propósito bueno o útil, como prevenir y combatir enfermedades, hacer que las personas sean más saludables o proteger sistemas alimentarios. Estas biotecnologías también podrían utilizarse para dañar, como crear virus que podrían causar enfermedades en los seres humanos u otros seres vivos.

Las consecuencias dañinas que identificaste en la actividad Descubrir también se pueden denominar **amenazas biológicas**. Las amenazas biológicas pueden ser causadas por errores que cometen las personas, también llamados **errores biológicos**. También pueden ser causadas deliberadamente para crear daño; esto se denomina **bioterrorismo**.

1. Vuelve a leer las *situaciones* de la actividad Descubrir. Crearás un *Mapa de procesos* con los pasos que podrían dar como resultado las consecuencias perjudiciales que identificaste.
2. Divide a tu equipo en cuatro grupos y asigna a cada grupo una de las situaciones de la uno a la cuatro. Para cada situación, crea un mapa de procesos con los diferentes pasos que podrían dar como resultado consecuencias perjudiciales. En la figura 7-12, se muestra un ejemplo con la *situación cinco*. Utiliza otra situación para crear tu propio *Mapa de procesos*.

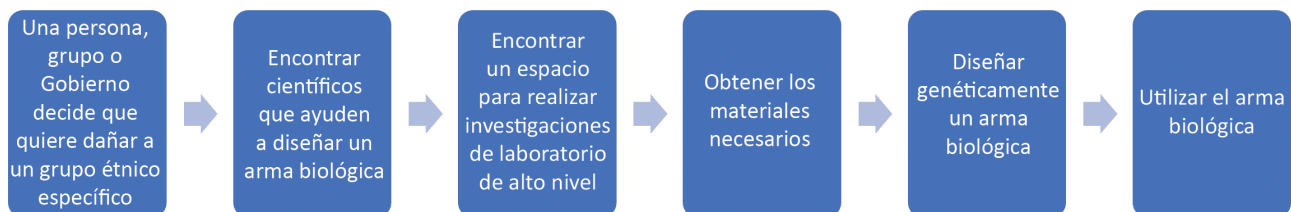


Figura 7-12: Mapeo del proceso que conduce a consecuencias dañinas de la situación cinco.

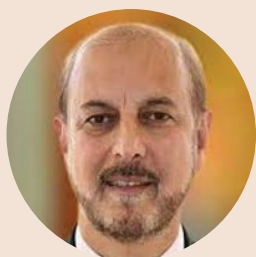
3. Para cada paso de este proceso, considera las maneras en que esto podría suceder. Escribe o dibuja en el *Mapa de procesos*.
  - a. Piensa en las posibilidades de errores biológicos: formas en que se podrían cometer errores que conducen a consecuencias perjudiciales. Enumera o dibuja esas ideas sobre tu *Mapa de procesos*. Recomendamos utilizar un marcador o lápiz de otro color.
  - b. Piensa en las posibilidades de bioterrorismo: formas en las que alguien podría deliberadamente causar una consecuencia perjudicial. Enumera o dibuja esas ideas debajo de tu *Mapa de procesos*. Recomendamos utilizar un marcador o lápiz de otro color.





4. Ahora, examina tu *Mapa de procesos*. Para cada paso, piensa en cómo podrías evitar que ocurra el siguiente paso si se cumple alguno de los siguientes elementos:
  - a. El problema fue un error biológico: Escribe o dibuja esas ideas junto a las posibilidades de errores biológicos en el *Mapa de procesos*.
  - b. El problema fue bioterrorismo: Escribe o dibuja esas ideas junto a las posibilidades de bioterrorismo en el *Mapa de procesos*.
5. Pide a cada grupo que comparta su *Mapa de procesos* con el resto del equipo.
6. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Existen formas en las que podrías ayudar personalmente a detener un error biológico o el bioterrorismo?
  - b. ¿Hay otras personas, organizaciones o gobiernos que crees que podrían ayudar a detener un error biológico o el bioterrorismo?

### *Zabta dice lo siguiente: . . .*



La educación es importante. La ciencia es un bien público. Debemos pensar juntos en cómo ser buenos ciudadanos y seres humanos. Debemos pensar cuidadosamente sobre la información que esparcimos; la información en sí misma puede convertirse en un arma si impide que las personas actúen de forma segura.

Trabajo con organizaciones internacionales para ayudar a coordinar a los científicos que trabajan con el objetivo de detener las amenazas biológicas. Trabajo con grupos de científicos de todo el mundo. Pero también trabajo con estudiantes de mi país, porque todos deben entender que tienen un papel que desempeñar para mantener nuestro mundo seguro.

7. Siéntense en un círculo con tu equipo. Uno por uno, sigan el orden del círculo y enumeren lugares o cosas de su comunidad local que podrían ser vulnerables a amenazas biológicas, como enfermedades o plagas invasivas. Asegúrate de considerar lo siguiente:
  - a. Salud humana
  - b. Fuentes de agua o alimentos compartidas
  - c. Tu economía local
  - d. Tu entorno natural local
  - e. Lugares de tu comunidad, como laboratorios, donde se esté llevando a cabo una investigación de biotecnología



8. Elige una vulnerabilidad para investigar más a fondo. A continuación, lee las Instrucciones de investigación de vulnerabilidad ante amenazas biológicas.

### **Instrucciones para la investigación de vulnerabilidades ante amenazas biológicas**

Considera cómo puedes obtener más información sobre la vulnerabilidad que tu equipo seleccionó. Asegúrate de averiguar lo siguiente:

1. ¿Cuáles son las amenazas biológicas para esta vulnerabilidad?
2. ¿Qué tan graves son?
3. ¿Cómo se pueden prevenir?
4. ¿Cómo podrías ayudar?

#### **Posibles métodos para encontrar esta información**

- a. En línea: Busca sitios web gubernamentales, científicos o de noticias que contengan información sobre la vulnerabilidad que estás considerando. Por ejemplo, si estás investigando algo que podría amenazar una planta que cultivan grandes cantidades de agricultores de tu área, podrías buscar posibles enfermedades o plagas invasivas que podrían perjudicar ese cultivo.
- b. En medios escritos: Muchas amenazas biológicas han existido durante años. Es posible que puedas acudir a una biblioteca u otro lugar para obtener más información.
- c. Comunícate con una organización local: ¿Existe una organización en tu comunidad que ayude a apoyar el elemento o el lugar que estás investigando? Es posible que tengan mucha información útil. Puedes buscar cualquier documento que compartan con el público. O puedes comunicarte con ellos y pedirles una entrevista.
- d. Entrevista a un científico: Un científico que estudia la amenaza biológica podría ser una buena fuente de información. Puedes comunicarte con él y pedirle una entrevista.
- e. Otro método: Sé creativo. Puede que conozcas otra forma de obtener la información que necesitas.

#### **Consejos para hacer una entrevista**

- a. Asegúrate de pedir permiso para registrar las respuestas de la persona.
- b. Pide permiso para compartir la entrevista con el resto de tu equipo, clase u otras personas de la comunidad. Las personas podrían estar más dispuestas a hablar si comparten su entrevista de manera anónima.



- c. Si sientes que alguien no respondió tu pregunta, no tengas miedo de volver a formularla de una manera diferente.
- d. Deja que la persona a quien estás entrevistando responda las preguntas de la manera que desee. Sé paciente. Escucha atentamente. Comprende que quizás vas a recibir respuestas inesperadas o de preguntas que no hiciste.

### Consejos de seguridad para entrevistar personas

Pide a tu profesor que te dé directrices. Este sabrá qué es lo más seguro en tu comunidad.

#### Consejo de seguridad física

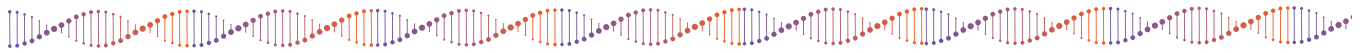
Nunca hagas una entrevista sin compañía y presta siempre atención a tu entorno. Recomendamos sugerir grabar la entrevista en un lugar público y tranquilo.

#### Consejo de seguridad emocional

Puede ser difícil comunicarte con otras personas de la comunidad. Es posible que seas tímido o te pongas nervioso. Es posible que alguien te diga que no quiere hablar. ¡Está bien! No tiene nada que ver contigo. Simplemente significa que no quieren compartir. Para demostrarles respeto, dales las gracias y, luego, sigue con otra persona.

9. Elige uno o más métodos para llevar a cabo tu investigación.
  - a. Decidan qué hará cada miembro de tu equipo. Recuerda, incluir a todos es importante. Intenta elegir métodos que permitan a todos en tu equipo participar de alguna manera.
  - b. Toma notas o busca otras formas de registrar lo que aprendas sobre las amenazas biológicas durante tu investigación.





## **Actuar:** ¿Cómo podemos trabajar para un futuro seguro?

Tener previsión y comprensión de las amenazas para tu comunidad es importante. Esto les permite a ti y a otros tomar medidas para combatir estas amenazas. En esta actividad, pensarás en cómo compartir lo que has aprendido con los demás.

### **Zabta dice lo siguiente: . . .**



Los jóvenes pueden ser administradores del cambio. Las personas necesitan conocer y darse cuenta de que pueden anticipar las cosas y asumir la responsabilidad por el futuro. Debemos pensar, como una especie completa, ¿qué nos ayudará a sobrevivir y prosperar? Me gustaría que los líderes del mundo cambiaran la frase “interés nacional” a “interés humano”, porque todos estamos conectados.

1. Toma tus notas de la investigación de amenazas biológicas de la actividad Comprender.
2. Debate con tu equipo: ¿quién en tu comunidad crees que debería saber más sobre esta vulnerabilidad? Elige un público en el que enfocarte. Por ejemplo, ¿deseas compartir lo que has aprendido con otros jóvenes, con adultos, con personas que trabajan en un tipo específico de trabajo, con personas que viven en un lugar específico o con otro grupo?
3. Considera el público que elegiste. ¿Cuál es tu objetivo para comunicarte con ellos? Por ejemplo, ¿quieres que estén más conscientes de la amenaza?, ¿quieres que sean más cuidadosos?, ¿quieres que creen una ley o regulación?, ¿quieres que comprendan cómo sus acciones afectan a otras personas? o ¿quieres que hagan algo más?
4. Decide cual será tu mensaje. ¿Cuáles son las ideas más importantes para compartir? Piensa en la información que recopilaste y en las consecuencias perjudiciales que enumeraste en la actividad Descubrir. Elige información que dirija a tu público hacia tu objetivo.
5. Diseña el mensaje. ¿Cuál sería la mejor manera de compartir esta información? ¡Sé creativo! Por ejemplo, quizá podrías crear un póster o una infografía, podrías grabar un breve video para compartir en las redes sociales, podrías usar un podcast para contar una historia sobre la vulnerabilidad, crear un meme o elegir otra forma de llegar a tu público.



6. Toma el mensaje que diseñaste y compártelo con tu público.
7. Reflexiona con tu equipo sobre el proceso de crear y compartir tu mensaje.  
Analiza:
  - a. ¿Qué salió bien?
  - b. ¿Qué podría haber salido mejor?
  - c. ¿Qué harías de manera diferente la próxima vez?

**¡Felicitaciones!**

**Terminaste la parte 7.**

***¡Obtén más información!***

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**ADN:** Una molécula en todos los seres vivos que transfiere y almacena datos genéticos

**Algoritmo:** Un proceso o conjunto de reglas que se siguen para resolver un problema o realizar un cálculo; las computadoras los utilizan a menudo

**Amenaza biológica:** Una consecuencia perjudicial de agentes biológicos o biotecnologías

**Arma biológica:** Virus, bacterias, hongos u otros seres vivos o sustancias tóxicas provenientes de seres vivos liberados para causar daño deliberadamente

**Base de datos:** Un gran conjunto de información almacenada digitalmente

**Biometría:** Identificar a alguien mediante la medición de las diferencias físicas entre las personas

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Bioterrorismo:** Un mal resultado de la biotecnología causado de forma intencional para perjudicar a otras personas

**Consecuencia:** El resultado final de algo

**Error biológico:** Una mala consecuencia de la biotecnología causada por un error que alguien cometió



**Falso positivo:** Cuando se identifica una coincidencia incorrectamente

**Gen:** Una sección de la secuencia de pares de bases en el ADN que codifica rasgos específicos

**Libertad de asociación:** La libertad de unirse a otros para expresar o defender intereses similares

**Previsión:** Pensar en lo que es probable que suceda en el futuro

**Puntos de referencia:** En la tecnología de reconocimiento facial, estas son las características que sobresalen fácilmente en el rostro, como la nariz, los ojos y la boca

**Rasgos:** Características

**Sesgo:** Una situación en la que diferentes grupos se tratan de manera desigual

**Sostenible:** Un enfoque que equilibra diferentes perspectivas y que puede funcionar durante mucho tiempo

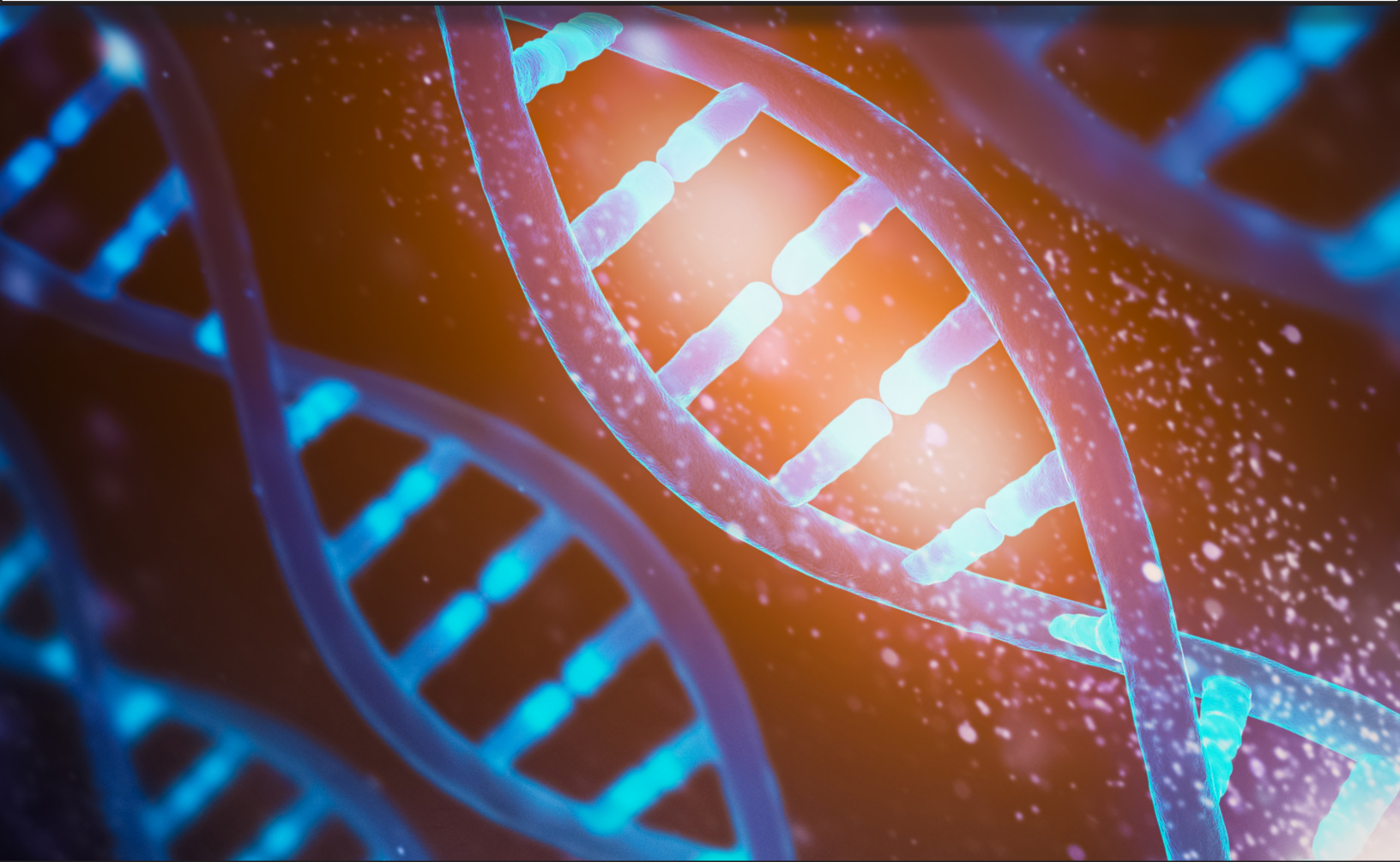
**Tecnologías de doble uso:** Productos y herramientas que se pueden utilizar para un propósito útil o perjudicial

**Variaciones:** Diferencias en los seres vivos



# ¡BIOTECNOLOGÍA!

Parte 8: Entrar en acción



SUSTAINABLE DEVELOPMENT **GOALS**

desarrollado por



**Smithsonian**  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** **SCIENCE**  
**HEALTH**  
**POLICY**  
the interacademy partnership



### **Aviso de derechos de autor**

© 2022 Smithsonian Institution

Todos los derechos reservados. Primera edición del 2022.

### **Aviso de derechos de autor**

Ninguna parte de este módulo, ni los trabajos derivados del mismo, se puede utilizar ni reproducir para ningún propósito, excepto para un uso legítimo, sin autorización por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación por su labor en el desarrollo de *¡Biotecnología! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible usando la biotecnología de forma ética?* Parte 8. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para obtener una lista completa de reconocimientos, consulta la sección de reconocimientos al comienzo de esta guía.

Personal de desarrollo de guías del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora: Dra. Carol O'Donnell

Directora de la división de Programa de Estudios,  
Medios Digitales y Comunicaciones: Laurie Rosatone

Desarrolladora del programa de estudios científicos:  
Heidi Gibson

Las contribuciones de los asesores de proyectos, mentores de investigación, revisores técnicos y el personal del Centro Smithsonian de Educación Científica se encuentran en la sección de agradecimientos.

### **Crédito de las imágenes**

Portada: libre de droit/iStock/Getty Images Plus



## PARTE 8: ENTRAR EN ACCIÓN

Planificador	289
<b>Tarea 1:</b> ¿Cómo ayudaré a crear un mundo sostenible con el uso de la biotecnología?	290
<b>Descubrir:</b> ¿Cómo quiero que se utilice la biotecnología en el futuro?	290
<b>Comprender:</b> ¿Cuál será mi rol?	292
<b>Actuar:</b> ¿Cómo transformaré mis ideas en acción?	294
Glosario	296

### **¡Obtén más información!**

Para obtener recursos y actividades adicionales, visita el StoryMap de *¡Biotecnología!* en <https://bit.ly/3pQUDpc>.



## Planificador

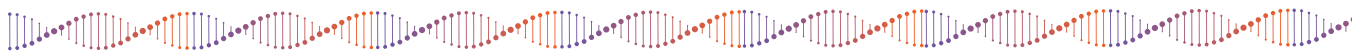
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Materiales y tecnología</b>	<b>Materiales adicionales</b>	<b>Tiempo aproximado</b>	<b>Número de página</b>
<b>Tarea 1: ¿Cómo ayudaré a crear un mundo sostenible con la biotecnología?</b>					
<b>Descubrir</b>	Utiliza tu <i>Panel de tendencias del futuro</i> para decidir qué futuro quieres apoyar con tus acciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<i>Panel de tendencias del futuro</i> (Parte 1)	20 minutos	289
<b>Comprender</b>	Llega a un consenso y planifica tus acciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Bolígrafos o lápices</li> </ul>	<i>Mapa de identidad</i> (Parte 1)	45 minutos	291
<b>Actuar</b>	Implementa tu plan de acción y reflexiona sobre tus acciones.		<i>Panel de tendencias del futuro</i> (Parte 1)	15 minutos + tiempo de acción	293



## Tarea 1: ¿Cómo ayudaré a crear un mundo sostenible con la biotecnología?

Como **investigadores de acción**, ahora tienen mucha información. Descubriste lo que es importante para ti y tu equipo. Sabes más acerca de la ciencia de la **biotecnología**. Comprendes los valores que tienen las personas de tu **comunidad**. Ahora, vas a unir esas ideas. En esta parte, decidirás cómo tu equipo actuará para crear el futuro que desees. Luego, pondrás en práctica esos planes.

En esta tarea, **descubrirás** más acerca de tus esperanzas y las de tu comunidad para el futuro. Luego, **comprenderás** más acerca de tu rol en el progreso hacia esos objetivos. Finalmente, **actuarás** en función de tus ideas y trabajarás para lograr un futuro **sostenible** y positivo.



### **Descubrir:** *¿Cómo quiero que se utilice la biotecnología en el futuro?*

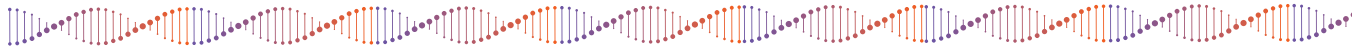
Antes de decidir lo que desees hacer, debes pensar en lo que quieres lograr. Muchos futuros diferentes son posibles. ¿Por cuál desees trabajar?

1. Toma tu Panel de tendencias del futuro de la tarea 1.
2. Con tu equipo, piensen en todo lo que han aprendido en esta guía. ¿Hay algo que te gustaría agregar a tu Panel de tendencias del futuro? Si es así, agrégalo ahora.
3. Por tu cuenta, examina el Panel de tendencias del futuro. Elige una parte del futuro que se relacione con la biotecnología en la que te gustaría trabajar. Podría ser una preocupación que tengas sobre el futuro que quieres evitar, o podría ser una esperanza sobre el futuro que quieres fomentar.
4. Comparte tus ideas con tus compañeros de equipo.
5. Como equipo, lleguen a un **consenso** sobre una parte del futuro para la cual desean actuar. Un consenso es una decisión equilibrada que beneficia a todas las personas que forman parte de un grupo. Hay muchas maneras de llegar a un consenso. Estas son algunas ideas. Pueden elegir la que más les sirva como equipo.
  - a. Hagan una lista de las cosas buenas y las cosas malas relacionadas con realizar acciones para cada futuro. Analicen esta información como equipo.
  - b. Intenten encontrar los mismos valores. ¿Hay algunas ideas sobre el futuro que sean similares? Intenten combinarlas.



- c. Extrae lo esencial de la opinión del grupo. ¿Existen algunas ideas sobre el futuro por las cuales muchas personas estarían interesadas en trabajar?
  - d. Encuentra un consenso lento. Busca a un compañero y, en pareja, lleguen a un consenso sobre cuál es la idea para el futuro más importante. Luego, en un grupo de dos parejas (cuatro miembros), lleguen a un consenso como equipo. Después, en un grupo de cuatro parejas (ocho miembros de equipo), hablen para llegar a un consenso. Sigán sumando grupos hasta que hayan llegado a un consenso de equipo.
  - e. Considera tu **impacto**. Piensa en quién se beneficiaría de tu equipo si trabajaran por una idea específica sobre el futuro. ¿A qué grupo les interesa más ayudar?
6. Una vez que hayas elegido un futuro para el que deseas trabajar, debes pensar en una acción que pueda ayudar a crear ese futuro. Toma un papel y escribe o dibuja cualquier acción que se te ocurra. Si no se te ocurren acciones que puedas realizar, aquí hay algunas ideas que podrías considerar.
- a. Personal: ¿Podrías participar personalmente en el descubrimiento y el uso de la biotecnología? Has aprendido sobre muchos tipos de carreras de STEM de tus mentores de investigación. Elige la que más te interese y descubre cómo podrías seguir esa trayectoria profesional.
  - b. Educa a los demás: Es posible que otras personas que conoces no sepan mucho sobre la biotecnología. ¿Podrías elegir un grupo para educarlos y ayudarlos a aprender más?
  - d. Comunícate con tu comunidad: Ayuda a tu comunidad a comprender una parte de la biotecnología o una preocupación que tengas. Para ello, puedes diseñar carteles, hacer canciones, grabar podcasts, hacer anuncios públicos, hacer una campaña en redes sociales o aprovechar otras formas de comunicarte.
  - d. Cambio gubernamental: Intenta cambiar las reglas que tu Gobierno local o nacional tiene sobre la biotecnología. Por ejemplo, podrías escribir cartas a funcionarios o hablar en reuniones del Gobierno local a fin de compartir las acciones que consideres necesarias para crear el futuro que deseas.
  - e. Cambio global: Colabora con otras personas de diferentes partes del mundo que estén preocupadas por el mismo problema. Por ejemplo, únete a un grupo que esté utilizando biotecnología para la sostenibilidad o un grupo que represente cualquier preocupación que tengas.
  - f. ¡Aporta tus propias ideas!





### **Comprender:** ¿Cuál será mi rol?

Ahora es el momento de planificar tu acción. Como has aprendido, las variaciones entre las perspectivas y capacidades de las personas pueden fortalecer a todo el equipo. Piensa qué rol cumplirás para ayudar con la acción del equipo.

1. Toma el *Mapa de identidad* de la parte 1 y revísalo detenidamente. Toma nota de las cosas sobre tu identidad que podrían ayudarte a decidir cómo te gustaría actuar. Por ejemplo:
  - a. ¿Eres parte de algún grupo con quienes puedas comunicarte?
  - b. ¿Tienes algún talento especial, como arte o música, que pueda ser útil para captar la atención de las personas?
  - c. ¿Te interesan la ciencia y la ingeniería u otras áreas que te puedan ayudar a encontrar soluciones innovadoras?
  - d. ¿Tienes buenas habilidades para la planificación u organización?
  - e. ¿Hay otras cosas sobre tu identidad que podrían ayudarte a trabajar por el futuro que deseas?
2. Júntense en equipo. Escriban “Fortalezas del equipo” en una hoja de papel o en la pizarra.
3. Bajo *Fortalezas del equipo*, anoten todas las ideas que se le ocurrieron a cada persona sobre las partes de su identidad que podrían ayudarlos a todos a actuar.

#### **Consejo de seguridad emocional**

Todos tenemos fortalezas y debilidades. Como miembro del equipo, compartir tus fortalezas únicas es importante, incluso si se siente incómodo hacerlo. Es importante respetar tus propias fortalezas y respetar lo que otros identifican como sus fortalezas.

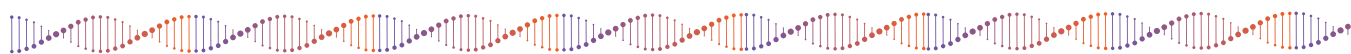
4. En equipo, analicen las acciones que se les ocurrieron en la actividad Descubrir. Eliminen las acciones que no serían útiles o que no pueden hacer.



5. Compartan sus ideas y escuchen a los demás. Lleguen a un consenso sobre qué acción realizarán y utilicen su lista de *Fortalezas del equipo* como una ayuda a fin de decidir la mejor acción para su equipo. Pueden utilizar algunas de las ideas para llegar a un consenso de la actividad Descubrir, si lo desean.
6. Reflexiona en los pasos que podrían ser parte de planificar la acción que tu equipo eligió.
7. Escribe, dibuja o utiliza otra forma de registrar tus ideas en pequeños trozos de papel. Cada trozo de papel debe tener un paso.
8. Pide a cada miembro del equipo que comparta sus pasos colocando sus hojas en una mesa o utilizando una herramienta digital para colaborar.
9. Lee los pasos de tus compañeros de equipo.
  - a. ¿Notaste algún paso que sea similar a algún paso tuyo?
  - b. ¿Crees que a tu equipo le faltan pasos?
10. Comienza a organizar los pasos de tu equipo. Puedes cambiar la posición de los papeles a medida que lo haces. Pensar en los pasos de tu equipo te ayudará a decidir cómo realizar las acciones.
  - a. Agrupa los pasos que sean similares.
  - b. Elimina los pasos que no consideres necesarios para que tu equipo actúe.
  - c. Piensa en cómo ayudará cada miembro del equipo. Coloca sus nombres junto a los pasos en los que les gustaría ayudar.
  - d. Piensa en qué pasos podrían faltar. Agrega esos pasos.
11. Pon los pasos en orden. Por ejemplo, ¿qué crees que el equipo debe hacer primero? Coloca ese papel antes que los demás.
12. Escribe el título “Plan de acción” y registra lo siguiente:
  - a. Los pasos que tu equipo desea seguir
  - b. El orden de esos pasos
  - c. Quién ayudará en cada paso (puede ser más de una persona)
  - d. Cuándo y dónde se realizarán estos pasos
  - e. Socios u otras personas que se involucrarán
  - f. Cómo comunicarás tu plan de acción a la comunidad



13. Piensa en lo que harás si tu plan no funciona o si te encuentras con otro problema. Por ejemplo, qué harás si un adulto de tu comunidad dice que necesitas permiso para hacer algo que está en tu plan. Registra estas ideas como parte de tu plan de acción.
14. Recuerda crear un plan de acción **inclusivo**. Ser inclusivo significa que todas las personas en tu equipo pueden participar de alguna manera. Es posible que debas realizar cambios en el plan para que todas las personas se sientan seguras, cómodas y capaces de ayudar. Está bien hacer estos cambios. Forman parte de ser un buen compañero de equipo.



### **Actuar:** ¿Cómo transformaré mis ideas en acción?

¡Llegó el momento de actuar! Puedes utilizar todo lo que has aprendido para tomar medidas que te ayuden a crear el futuro que deseas.

1. Con tus compañeros de equipo, implementa el *Plan de Acción*. Esto puede tardar un poco. No hay necesidad de preocuparse; tómate el tiempo que necesites. Cuando hayas terminado, regresa y completa esta actividad.
2. Reflexiona sobre la acción que realizaste. Considera lo siguiente:
  - a. ¿Qué salió bien?
  - b. ¿Qué crees que podría haber salido mejor?
  - c. ¿Cómo cambiaría tu acción si tuvieras que hacerla de nuevo?
3. Analiza con tu equipo:
  - a. ¿Qué los hace sentir orgullo de ser un equipo?
  - b. ¿Qué crees que aprendiste para una próxima vez?
4. Examina tu *Panel de tendencias del futuro* de la parte 1. ¿Cómo te sientes ahora acerca del futuro?
5. Piensa para ti en lo que planeas hacer a fin de crear los cambios que deseas ver en el futuro.





# ¡Felicitaciones!

## Has terminado la Guía de investigación comunitaria de *¡Biotecnología!*

Todos debemos tratar de hacer lo que podemos para mejorar como individuos y hacer de este lugar un mundo mejor. Tal vez realizaste una acción gigantesca. Tal vez tu acción fue más bien pequeña. Quizás tuvo un gran impacto. Quizás tuvo un pequeño impacto. Lo más importante es que hiciste algo. Cuando tomas medidas para mejorar tu comunidad, creas el mundo en el que quieres vivir. Tú y tu equipo están cambiando el mundo, un paso a la vez.



## Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender las palabras que tal vez no conozcas. Puedes agregar dibujos, tus propias definiciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar. Agrega otras palabras al glosario si lo deseas.

**Biotecnología:** Utilizar seres vivos, partes de seres vivos o cosas producidas por seres vivos para resolver los problemas de las personas y satisfacer sus necesidades

**Comunidad:** Un grupo de personas que tienen algo en común, como el espacio en el que viven o una identidad

**Consenso:** Decisión equilibrada que beneficia a todas las personas que forman parte de un grupo.

**Impacto:** efecto que una cosa tiene en otra.

**Inclusivo:** asegurarse de que nadie quede afuera.

**Investigador de acción:** Una persona que trabaja con su comunidad para descubrir, comprender y actuar sobre los problemas locales y globales que conoce

**Sostenible:** Un enfoque que equilibra diferentes perspectivas y que puede funcionar durante mucho tiempo



## Conoce a Heidi Gibson, desarrolladora de la guía de Biotecnología



Conoce a Heidi Gibson. Heidi (*Jéidi*) es la principal autora de esta guía. Habló con muchos investigadores para obtener información. Sin embargo, como cualquier persona, tiene su propia perspectiva. Aprendiste que es importante considerar las perspectivas de tus compañeros de equipo y mentores de investigación. Las perspectivas afectan lo que pensamos y cómo pensamos. También es importante pensar en la perspectiva de la autora. Esto puede ayudarte a comprender por qué la guía se escribió como se escribió. Siempre es importante pensar en la fuente de la información que lees.

Heidi tiene títulos en biología y educación internacional. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que provienen de otras partes de su identidad. Dado que has leído mucho de lo que Heidi ha escrito, es importante saber quién es. Para ayudarte, Heidi completó un mapa de identidad, como tú lo hiciste en la Parte 1. El mapa de identidad de Heidi incluye lo siguiente.

- El propósito es ayudar a los jóvenes a darse cuenta de su poder para transformar el mundo
- Los trabajos anteriores incluyen investigación de laboratorio, educación cívica, desarrollo internacional y diplomacia
- Creció y vive ahora en Arlington, Virginia, EE. UU.
- Su esposo es escocés y vivían allí como familia, por lo que se siente como su segundo hogar
- También vivió en Alemania, China, Malawi y Fiyi
- Tiene dos hijos, uno de 15 y el otro de 12 años
- Seis hermanos
- Le encanta estar al aire libre, especialmente en la playa
- Camina por su jardín mirando lo que crece cada día
- Disfruta de viajar, leer, cantar y estar con familiares y amigos
- Le gusta aprender cosas nuevas: culturas, ideas, idiomas, habilidades



Antes de terminar la guía, piensa tranquilamente en el mapa de identidad de Heidi.

- ¿Qué dudas tienes sobre la forma en que se escribió la guía?
- ¿Qué perspectivas tiene Heidi que podrían haber hecho que escriba la guía de la manera en que lo hizo?
- ¿Hay cosas que incluirías y que Logan no incluyó?

¿Deseas decirle a Heidi lo que cambiarías con respecto a la guía? Envíale un correo electrónico a [scienceeducation@si.edu](mailto:scienceeducation@si.edu). ¡Le encantaría saber tu opinión!





# Smithsonian

## SCIENCE *for Global Goals*

Padres, cuidadores y educadores pueden compartir los planes de acción con nosotros utilizando el hashtag #SSfGG.

Twitter

@SmithsonianScie

Facebook

@SmithsonianScienceEducationCenter

Instagram

@SmithsonianScie

## ScienceEducation.si.edu

Ciencia Smithsonian para Objetivos Globales (SSfGG, del inglés Smithsonian Science for Global Goals) es un plan de estudios a libre disposición desarrollado por el Centro Smithsonian de Educación Científica (Smithsonian Science Education Center) en colaboración con la InterAcademy Partnership. Utiliza los objetivos de desarrollo sostenible (SDG, del inglés *sustainable development goals*) de las Naciones Unidas como un marco para enfocarse en las acciones sostenibles que están definidas e implementadas para estudiantes.

En un intento por facultar a la próxima generación encargada de tomar decisiones a que sean capaces de tomar las decisiones correctas sobre los complejos problemas sociocientíficos que enfrenta la sociedad humana, la SSfGG combina prácticas previas en la educación científica basada en investigación, la educación de estudios sociales, la educación cívica global, el aprendizaje emocional social y la educación para el desarrollo sostenible.

desarrollado por



Smithsonian  
*Science Education Center*

en colaboración con

**iap** SCIENCE  
HEALTH  
POLICY  
the interacademy partnership

