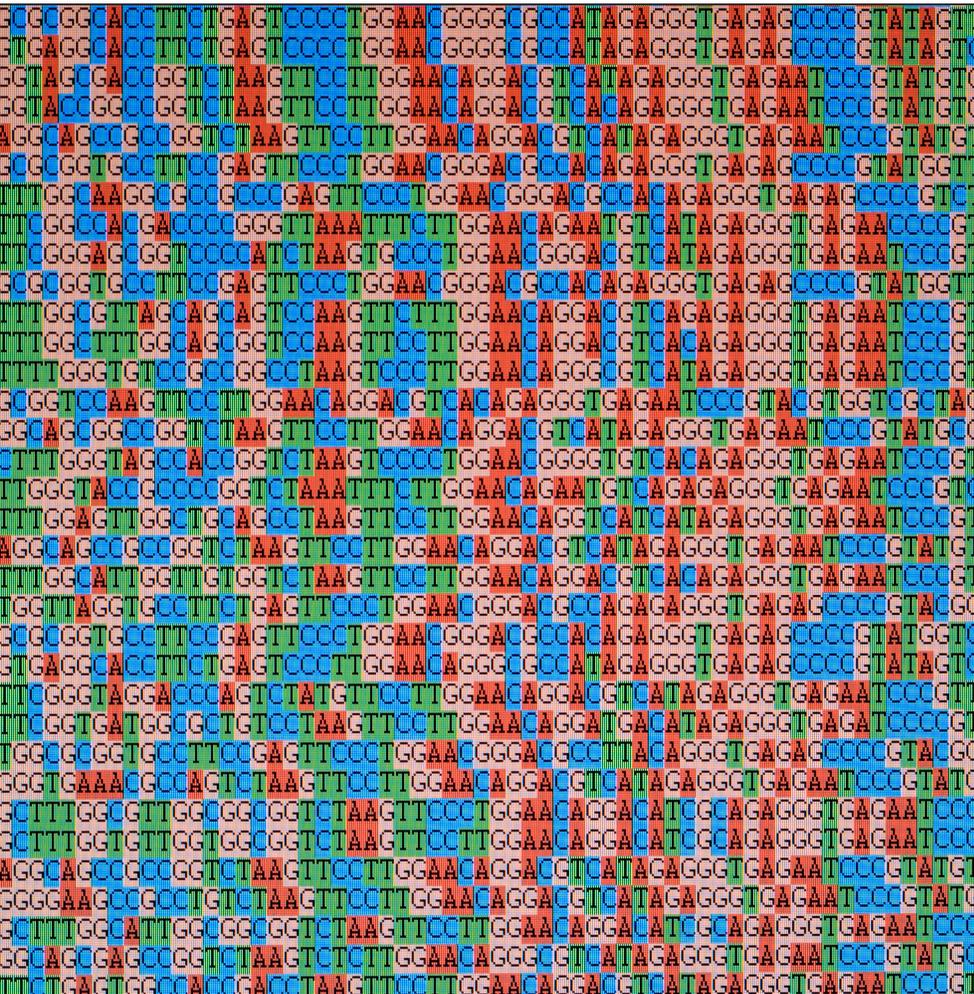
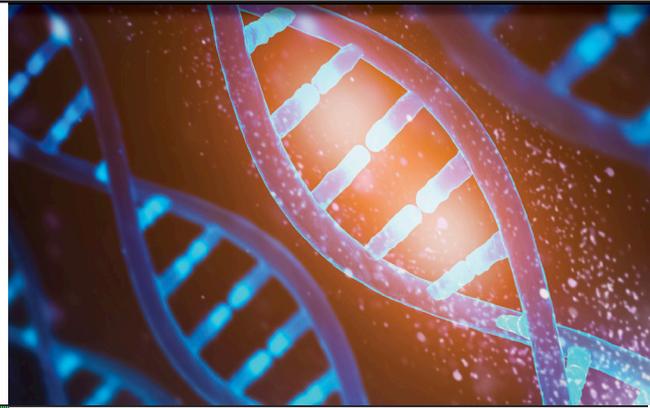


¡BIOTECNOLOGÍA!



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
Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?	170
Descubrir: ¿Qué podemos aprender del ADN?	171
Comprender: ¿Cómo se pueden utilizar los datos genéticos?	175
Actuar: ¿Qué derechos tienen las personas, los científicos y las empresas con respecto a los datos genéticos?	182
Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?	186
Descubrir: ¿Cómo podemos utilizar la biotecnología para aprender más sobre nuestro entorno?	187
Comprender: ¿Qué tipos de problemas podemos identificar con los datos genéticos ambientales?	191
Actuar: ¿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
Tarea 1: ¿Cómo debemos utilizar y proteger los datos genéticos?					
Descubrir	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
Comprender	Considera tus preocupaciones sobre el uso de datos genéticos. Realiza entrevistas para comprender las preocupaciones de la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Bolígrafos o lápices • Papel 		30 minutos + tiempo de la entrevista	175
Actuar	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"> • Bolígrafos o marcadores • Papel de afiche o pizarrón de la clase 		25 minutos	182
Tarea 2: ¿Cómo pueden los datos genéticos ambientales ayudar a identificar y resolver problemas?					
Descubrir	Busca evidencia de seres vivos y descubre cómo la evidencia del ADN ambiental puede ayudar a responder preguntas.	<ul style="list-style-type: none"> • Bolígrafos o lápices • Papel 		35 minutos + tiempo de búsqueda y observación	187
Comprender	Analiza los casos de estudio de las investigaciones con ADN ambiental y diseña tu propia investigación.	<ul style="list-style-type: none"> • Bolígrafos o lápices • Papel 		60 minutos	191
Actuar	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"> • Bolígrafos o lápices • Papel 	<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.

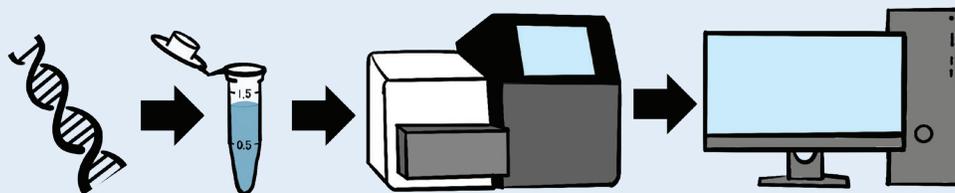


Figura 5-1: Se recolecta una molécula de ADN en un tubo de muestra y se secuencía en una máquina, que, luego, envía los datos a una computadora para su análisis.



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?



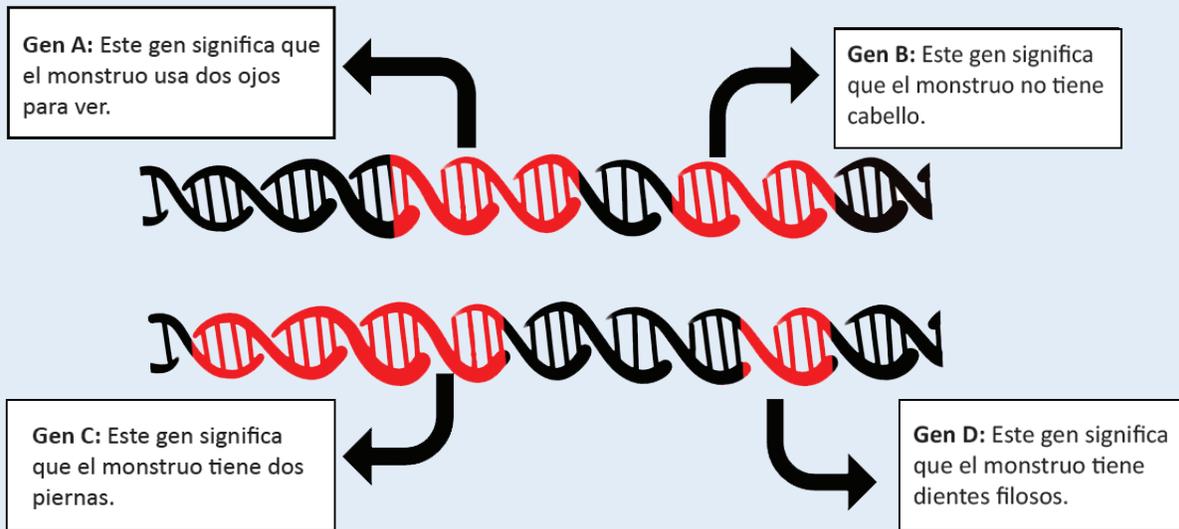


Figura 5-2: Genes de monstruos imaginarios.

¿De qué monstruo vino el ADN?

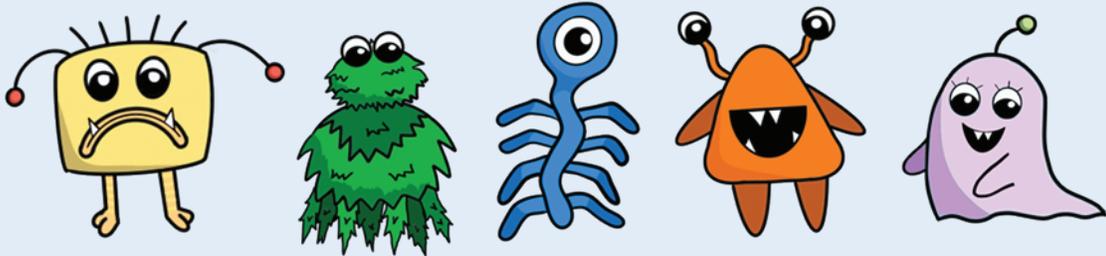


Figura 5-3: Monstruos imaginarios.

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

- Si fueras un investigador, ¿qué tan seguro te sentirías de haber capturado a la persona correcta?
- ¿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.

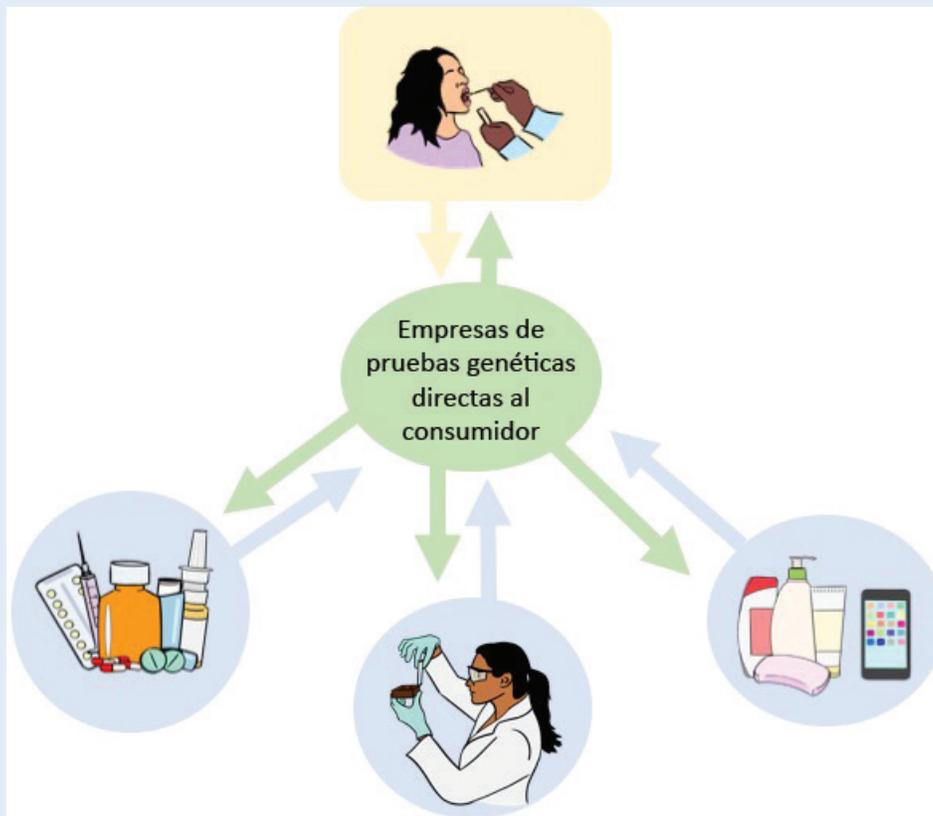


Figura 5-4: El modelo comercial de DTC: Las personas comparten una muestra genética con las empresas de DTC. Estas empresas devuelven los datos genéticos a la persona, pero también los venden a empresas farmacéuticas, instituciones de investigación y otras compañías.



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 Michigan, 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 Michigan, 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 invasivas , 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. Sedimento (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 invasivas¹

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:

- a. ¿En qué se diferencian los resultados con un método de inspección visual y un método de análisis de ADN ambiental?
- b. ¿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 pública²

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.



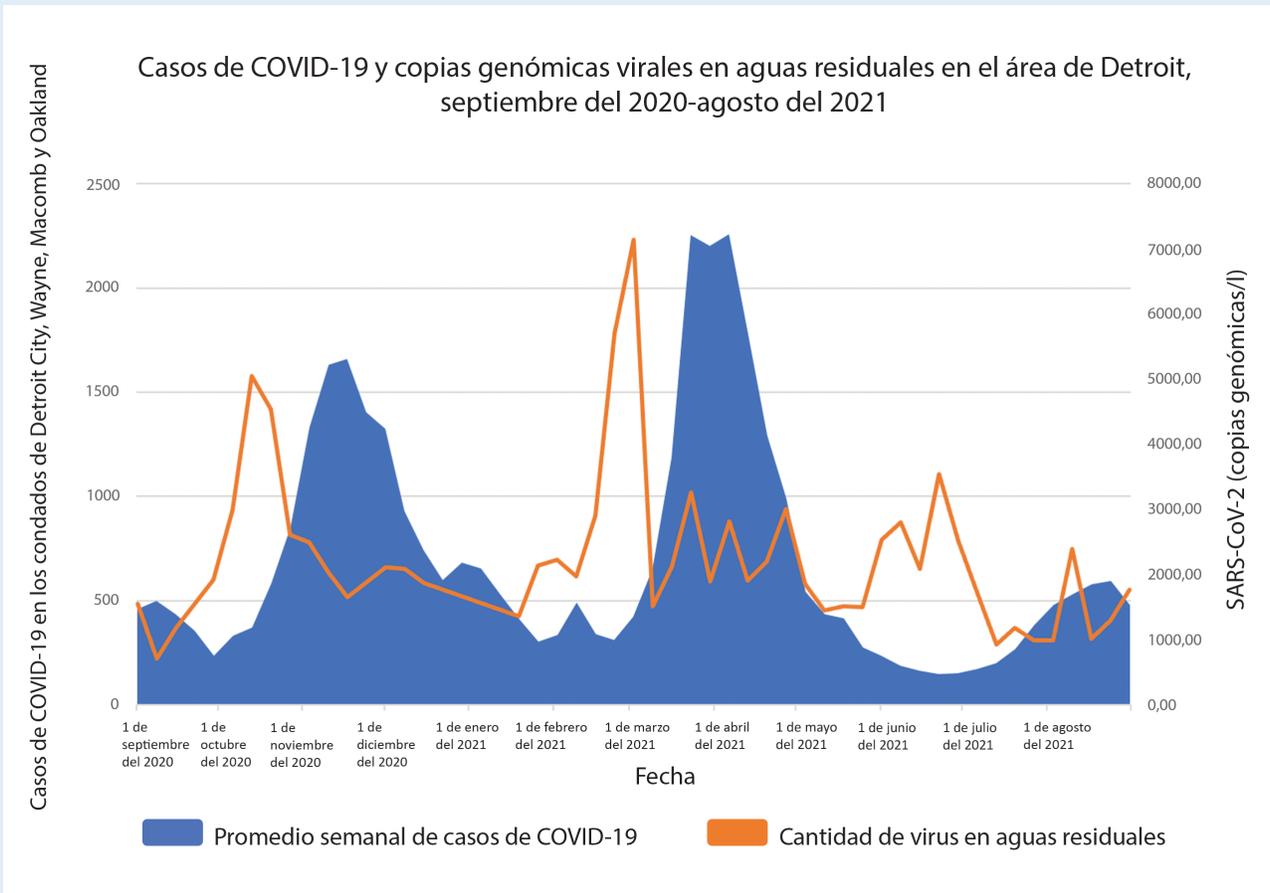


Figura 5-10: Total de casos de COVID-19 en el sureste de Michigan y cantidad de copias genómicas del virus encontradas en aguas residuales de la comunidad, septiembre del 2020 a agosto del 2021.

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.

6. 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.

7. 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*.
8. 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 conservación³

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 antiguo⁴

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://bmcecol.evol.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>.

