

Colección de Mujeres en Ciencia IF/THEN

Editada por

Becca Peixotto, Wendy Bohon y
Ana Maria Porras



Derechos de autor de libro electrónico de Frontiers

Los derechos de autor del texto de cada uno de los artículos de este libro electrónico pertenecen a sus respectivos autores o a sus respectivas instituciones o entidades de financiación. Los derechos de autor de los gráficos e imágenes de cada artículo pueden estar sujetos a derechos de autor de terceros.

En ambos casos, esto está sujeto a una licencia concedida a Frontiers.

Todos los artículos de este libro electrónico y el propio libro electrónico se publican bajo la versión más reciente de la licencia Creative Commons CC-BY. La versión vigente en la fecha de publicación de este libro electrónico es CC-BY 4.0. Si se actualiza la licencia CC-BY, la licencia concedida por Frontiers se actualiza automáticamente a la nueva versión.

Al utilizar cualquier derecho bajo la licencia CC-BY, Frontiers debe ser reconocido como el editor original del artículo o libro electrónico, según corresponda.

Los autores tienen la responsabilidad de asegurarse de que los gráficos u otros materiales que sean propiedad de terceros puedan incluirse en la licencia CC-BY, pero esto debe verificarse antes de ampararse en la licencia CC-BY para reproducir dichos materiales. Cualquier aviso de derechos de autor relacionado con esos materiales deberá respetarse.

Los avisos de copyright y de mención de la autoría no podrán omitirse y deberán figurar en toda copia, obra derivada o copia parcial que incluya los elementos en cuestión.

Avisos sobre los derechos de autor y el reconocimiento de las fuentes de información no podrán suprimirse y deben incluirse en cualquier copia completa o parcial, y en las obras conexas que incluyan los elementos en cuestión.

Todos los derechos de autor y todos los derechos derivados están protegidos por la legislación nacional e internacional sobre derechos de autor. Lo anterior es solo un resumen.

Para más información, lea las Condiciones de uso del sitio web y la Declaración de derechos de autor de Frontiers, así como la licencia CC-BY aplicable.

ISSN 2296-6846
ISBN 978-2-8325-6043-3
DOI 10.3389/978-2-8325-6043-3

Acerca de Frontiers

Frontiers es algo más que una editorial de acceso abierto a artículos científicos: es un enfoque pionero del mundo académico, que mejora radicalmente la forma en que se gestiona la investigación científica. La gran visión de Frontiers es un mundo en el que todas las personas tengan las mismas oportunidades de buscar, compartir y generar conocimiento. Frontiers ofrece acceso abierto en línea de manera inmediata y permanente a todas sus publicaciones, pero esto por sí solo no basta para alcanzar nuestros grandes objetivos.

Acerca de Frontiers for Young Minds

Frontiers for Young Minds cree que la mejor manera de acercar los descubrimientos científicos de vanguardia al público juvenil es permitir que jóvenes y científicos trabajen juntos para crear artículos que sean a la vez rigurosos e interesantes. Por esta razón, científicos destacados son invitados a que escriban sobre sus hallazgos más recientes en un lenguaje accesible para jóvenes lectores, y luego son los propios niños y niñas -con la ayuda de un científico mentor- quienes aportan sus comentarios y explican a los autores la mejor manera de mejorar los artículos antes de su publicación. Como resultado, Frontiers for Young Minds ofrece una colección de artículos científicos de libre acceso, escritos por científicos connotados y adaptados al público juvenil gracias a las reflexiones y aportes de sus jóvenes colegas.

¿Qué son las colecciones de Frontiers for Young Minds?

Una Colección es una serie de artículos publicados sobre un mismo tema de investigación y revisados por expertos en el área. Esperamos aportar a un mejor entendimiento y comprensión de la ciencia entregando materiales que muestran diferentes perspectivas y resultados en torno a un tema relevante de investigación. Las colecciones de Frontiers for Young Minds ofrecerán a nuestra comunidad internacional de jóvenes pensadores acceso a las investigaciones más recientes y esenciales y, lo que es más importante, alentará a niños, niñas y adolescentes a opinar sobre la forma en que dichas colecciones son percibidas por sus compañeros y el público en general. Todos los artículos se someten a una revisión por pares de acuerdo con los principios de Frontiers for Young Minds. Para más información sobre cómo organizar tu propia colección en Frontiers for Young Minds o contribuir como autor(a), contacta a la Oficina Editorial de Frontiers: kids@frontiersin.org



Colección de Mujeres en Ciencia IF/THEN

Editores de colecciones

Becca Peixotto — American University, United States

Wendy Bohon — Investigadora independiente, Chesapeake Beach, United States

Ana Maria Porras — University of Florida, United States

Cita

Peixotto, B., Bohon, W., Porras, A. M., eds. (2025). *IF/THEN Women in Science Collection*. Lausanne: Frontiers Media SA. doi: 10.3389/978-2-8325-6043-3

Imagen de portada

FourPlus Studio

Secciones participantes



Salud Humana



Neurociencia y
Psicología



Ciencias de la
Tierra



Biodiversidad

Sobre esta colección

¡La ciencia está en todos lados! Ya sea usando una bata en el laboratorio o un traje de buceo, trabajando en una montaña o con un microscopio, explorando las profundidades del océano o nuestros propios cerebros, las Embajadoras IF/THEN esperamos mostrarte que cualquier persona puede ser científica.

La iniciativa IF/THEN se imagina un futuro donde más mujeres innovadoras se sientan empoderadas para solucionar nuestros problemas globales más grandes. El programa Embajadoras IF/THEN de la AAAS reunió 125 mujeres profesionales en STEM ubicadas en Estados Unidos de varios campos e industrias para servir como modelos a seguir de alto perfil para niñas y jóvenes de 11-15 años. Financiada por una beca "AAAS IF/THEN Ella Puede Cambiar el Mundo", esta Colección presenta investigadoras que trabajan en la academia, en ONGs y en la industria en una gran variedad de campus para mostrarle a los y las lectoras que hay muchas maneras de hacer ciencia y para inspirar a más jóvenes a hacer preguntas y buscar respuestas sobre nuestro mundo. En IF/THEN sabemos que ¡si lo puedes ver, lo puedes ser!

Esta Colección incluye artículos de mujeres que son neurocientíficas, ecólogas, físicas, biólogas, ingenieras, y profesionales de la salud. Sus investigaciones hacen preguntas sobre salud humana, biodiversidad, neurociencia y psicología, ciencias de la Tierra, química e ingeniería y muestran cómo la ciencia de vanguardia ocurre a menudo en la intersección de estos campos. En esta colección, puedes leer sobre cómo la tecnología cinematográfica está mejorando el movimiento de los pacientes, cómo proteger a los murciélagos y pikas en un planeta en calentamiento, la importancia de la salud del cerebro y el intestino, la exploración, los impactos de los eventos climáticos catastróficos y los campos emergentes de la ciencia como la física médica.

IF/THEN[®]
AN INITIATIVE OF LYDA HILL PHILANTHROPIES



Tabla de contenidos

Explorar lo que significa ser científico

- 06 **Dibuja un/a científico/a—diversos modelos a seguir muestran que la ciencia es para todos/as**
Samantha Wynns, Clara L. Meaders, Jaye C. Gardiner, Sankalp Nigam y Jillian Harris
- 15 **Stem-por-tu-cuenta: incrementando la participación de niñas y minorías en stem**
Siobahn Day Grady, Natalie Tucker y Christopher Lawson

Explorar cómo afecta el cambio climático a las plantas y animales

- 23 **¿Cómo afectará el cambio climático a las meriendas favoritas de los picas?**
Emily Monk, Karli Weatherill, Chris Ray, Ashley Whipple y Johanna Varner
- 32 **Conexiones en el arrecife: peces payaso, anémonas y cambio climático**
Tamar L. Goulet y Denis Goulet
- 40 **Tormentas de hielo: no son tan chéveres como parecen**
Lindsey Rustad y Wendy Leuenberger

Explorar nuestro planeta

- 50 **Cómo exploran los científicos el fondo marino**
Katherine L. C. Bell, Jessica A. Sandoval y Brian R. C. Kennedy



- 59 **Construyendo mapas de rocas desde el espacio exterior**
Wendy Bohon y Alka Tripathy-Lang

Explorar nuestra salud

- 66 **Cómo la dieta de una madre afecta la salud intestinal de su bebé**
Sana Jaleel, Priya Ramotar, Sarah Daniel y Julie Mirpuri
- 74 **¿Enfermarse frecuentemente afecta la forma en que funcionan nuestras células del cerebro y la forma cómo aprendemos y recordamos?**
Elizabeth B. Engler-Chiurazzi, Kevin J. Zvezdaryk y Brook L. W. Sweeten

Explorar nuevos tratamientos

- 85 **Tratando el cáncer desde adentro hacia afuera**
Jessica M. Fagerstrom y Samantha Van Nest
- 93 **Apuntando a objetivos móviles en el tratamiento del cáncer**
Jessica M. Fagerstrom, Victoria N. Bry, Caroline M. Colbert y Cheyann Windsor
- 101 **Cómo la ciencia de los videojuegos está ayudando a los niños a caminar**
Kirsten Tulchin-Francis, Jessica Lewis, Mallory Rowan y Matthew Parrett





DIBUJA UN/A CIENTÍFICO/A-DIVERSOS MODELOS A SEGUIR MUESTRAN QUE LA CIENCIA ES PARA TODOS/AS

Samantha Wynns^{1*}, Clara L. Meaders^{2*}, Jaye C. Gardiner³, Sankalp Nigam⁴ y Jillian Harris⁵

¹Cabrillo National Monument, San Diego, CA, Estados Unidos

²Departamento de Biología Celular y Desarrollo, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de California en San Diego, San Diego, CA, Estados Unidos

³Señalización y Epigenética del Cáncer, Centro Oncológico Fox Chase, Filadelfia, PA, Estados Unidos

⁴Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de California en San Diego, San Diego, CA, Estados Unidos

⁵Departamento de Biología, Universidad Xavier de Luisiana, Nueva Orleans, LA, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



MAE

EDAD: 14



TOBY

EDAD: 12

¿A quién te imaginas cuando piensas en la palabra “científico”? Aunque la ciencia debería ser para todos, algunos grupos, incluyendo niñas, personas de color, la comunidad LGBTQ+, personas con discapacidades y más son a menudo desanimados de volverse científicos. Investigaciones muestran que las niñas en particular comienzan a perder interés en seguir carreras en la ciencia durante la escuela secundaria. Parte del problema para cada grupo es que no puedes ser lo que no puedes ver. Entonces, ¿cómo podemos cambiar a quiénes los estudiantes imaginan como científicos? Probamos si un programa lúdico en STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte,

matemática) que utiliza comics, tarjetas coleccionables con una variedad de modelos a seguir femeninos, juegos, y exploración al aire libre podría cambiar lo que los estudiantes piensan. Nuestros datos muestran que luego del programa “In Their Eyes: Conservation + Comics”, ¡más estudiantes piensan que las niñas también pueden ser científicas!

APRENDIZAJE, CREENCIAS E IDEAS SOBRE QUIÉN PUEDE HACER CIENCIA

Piensa en científicos: ¿a quién te imaginas? Ahora dibuja tu científico en una hoja de papel o en tu diario. Una vez que hayas terminado, deja tu lápiz a un lado y sigue leyendo. Nosotros regresaremos a tu dibujo más tarde.

Alguna vez te has preguntado ¿cómo sabes lo que sabes? ¿Cómo tu cerebro entiende, que, por medio de combinar ciertas letras, se deletrea una palabra específica? O ¿cómo sabes cómo preparar un plato de cereal en la mañana? ¿Alguna vez te has preguntado por qué piensas como lo haces? Científicos en el campo de **psicología** y **ciencia cognitiva** están trabajando duro para responder preguntas como estas. Ellos estudian algo llamado **cognición**, que es el proceso de aprendizaje y comprensión a través del pensamiento, la experiencia, y uso de los sentidos (tacto, gusto, oído, olfato, vista, cinestésico, propioceptivo, etc.). Los humanos sabemos lo que sabemos por la cognición, y nuestros cerebros utilizan varios procesos cognitivos para ayudarnos a entendernos a nosotros mismos y al mundo que nos rodea. Algunos ejemplos de procesos cognitivos son la solución de problemas, toma de decisiones, o el uso de la memoria [1]. Los procesos utilizados por nuestro cerebro para aprender cosas como matemáticas o lenguaje son diferentes de los procesos que el cerebro utiliza para formar creencias sobre nosotros mismos – estas creencias son llamadas **autoconcepto**.

La ciencia nos muestra que hay un vínculo entre conceptos que las personas tienen de sí mismas y lo que llegan a ser cuando crecen [2]. ¿Cómo podemos saber lo que podemos ser si nunca vemos a alguien como nosotros haciendo ese trabajo? ¿Cómo podemos creer que pertenecemos a algún lugar sin **modelos a seguir** con los cuáles nos identificamos? Un área del estudio científico incluye las creencias de las personas sobre quién puede ser científico/a. Históricamente, solo los hombres blancos tenían permitido ser científicos y las mujeres, las personas de color, los individuos con discapacidades, y otros grupos de minorías (como personas en la comunidad LGBTQ+) fueron intencionalmente excluidas de la ciencia [3]. Esto causó dos problemas: primero, había muy pocos científicos que no fueran hombres blancos; y segundo, debido a la falta de científicos **diversos**, la creencia de que una persona debería ser blanca y hombre para ser

PSICOLOGÍA

El campo de la ciencia que estudia la mente y el comportamiento humano.

CIENCIA COGNITIVA

El campo de la ciencia que estudia procesos específicos del cerebro, como la memoria, la percepción, y el lenguaje.

COGNICIÓN

La acción mental o proceso de adquirir conocimiento y comprensión a través del pensamiento, la experiencia y los sentidos.

AUTOCONCEPTO

La imagen que tenemos de nosotros mismos y nuestros comportamientos.

MODELOS A SEGUIR

Personas que son vistas por otros como ejemplos a imitar.

DIVERSO

Muy diferente o variado. En este contexto, incluye personas de distintos orígenes sociales y étnicos, y de diferentes géneros, orientaciones sexuales, etc.

científica fue reforzada. En otras palabras, había muy pocos modelos científicos diversos a seguir, lo que reforzó las creencias de la gente de que las mujeres, las personas de color, y otras no pertenecían a la ciencia.

Queríamos ver si proporcionar modelos diversos de científicas a estudiantes podría influir en sus creencias sobre quién podría ser un científico o científica.

DE STEM A STEAM

Investigaciones muestran que las niñas comienzan a perder interés en la ciencia cerca a la escuela secundaria, y que el interés en una asignatura es un fuerte predictor para la selección de carreras [4, 5]. Entonces, nosotras creamos una lección STEM (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas) para estudiantes de secundaria, llamada "In Their Eyes: Conservation + Comics" [6]. Se ha demostrado que enseñar STEM de forma creativa, como con cómics, es una forma divertida y efectiva de aprender [7]. Para hacerlo, ¡nuestra lección agregó arte para cambiar de STEM a STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, ARTE, matemáticas)!

Cada parte de nuestra lección presentó diversas científicas reales como modelos a seguir: primero, hubo una lección en el salón en la que los/as estudiantes leyeron comics de científicas y ganaron tarjetas coleccionables de científicas a través de un juego de vocabulario (Figura 1). Después, los/as estudiantes tomaron una excursión virtual a un parque nacional para una lección en biología y conservación dictada por una científica. Luego de aprender sobre estos temas, los/as estudiantes hicieron sus propios cómics para contar las historias de conservación. Finalmente, los/las estudiantes tomaron todo lo que aprendieron y crearon carteles para mostrar en sus clases, a amigos, profesores, familias, y 16 diversas científicas invitadas.

¿CAMBIARON DE OPINIÓN?

Para entender si la opinión de las personas cambió en el tiempo, debemos recolectar información antes del experimento (como en nuestra lección STEAM) y después del experimento. Después, comparamos antes (pre-experimento) y después (post-experimento). Esto nos dice si el experimento tuvo un impacto en lo que las personas piensan, saben, o creen. Para evaluar si nuestra lección cambió las ideas de los estudiantes sobre quién puede hacer ciencia, utilizamos algo llamado "Test Dibuja un Científico" (DAST, por sus siglas en inglés), antes y después de la lección (Figura 2).

DAST es un método que ha sido utilizado por científicos e investigadores de educación para estudiar las **percepciones** de las

PERCEPCIONES

Formas de pensar, entender o creer algo; impresiones mentales.

Figura 1

Dos tarjetas intercambiables de científicas utilizadas como parte de nuestra lección STEAM. **(A)** El frente de la tarjeta coleccionable de la Dra. Kristen Lear muestra sus pronombres preferidos y qué tipo de científica es ella – una conservacionista de murciélagos. **(B)** El frente de la tarjeta coleccionable de la Dra. Earyn McGee muestra sus pronombres preferidos y qué tipo de científica es ella – una herpetóloga.



Figura 1

ESTEREOTIPO

Una idea extendida y demasiado simplista que a menudo es sesgada, prejuiciosa o errónea.

personas sobre los científicos desde los 1980/s [8]. Se ha actualizado muchas veces a lo largo de los años y es ampliamente respetado. El DAST pide a los estudiantes que “hagan un dibujo de un científico”. Al estudiante también se le hacen preguntas de seguimiento como: “El científico que dibujaste era un hombre o una mujer?”, “El científico trabajaba al aire libre o en el interior?”, y “Qué estaba haciendo el científico en tu dibujo?”.

Los dibujos y respuestas de este estudio fueron recopilados y examinados para descubrir ideas relacionadas con **estereotipos** sobre los científicos. Un estereotipo es una creencia demasiado simplista sobre una persona, que a menudo es incorrecta, como por ejemplo “solo los hombres pueden ser científicos”. Estereotipos como éste demuestran una idea limitada de quién puede ser científico y lo que hace un/a científico/a. Por ejemplo, un dibujo con vello facial indica que el científico es hombre, y una persona usando una bata de laboratorio muestra solo un tipo de científico (muchos científicos no usan batas de laboratorio). Luego de analizar los DASTs, nosotras comparamos el número de estereotipos antes y después del experimento para ver si hubo algún cambio.

DETECTIVES DE LA MENTE

¡Estudiar las creencias, pensamientos y conocimientos de las personas es como ser un detective de la mente! Entonces, ¿resolvimos el misterio de cómo cambiar las percepciones de las personas sobre quiénes pueden ser científicos, usando modelos a seguir diversos?

Figura 2

Un ejemplo del DAST de nuestro experimento, que utiliza dibujos y preguntas para saber la percepción de una estudiante sobre quién puede ser un/a científico/a. Las instrucciones dirigen a la estudiante a dibujar a un científico/a e incluyen una descripción sobre lo que su científico/a les dice sobre el trabajo que está haciendo; se indica a los estudiantes que no se dibujen a sí mismos, ni a su maestra, ni que utilicen el internet. Este dibujo es de una científica que la estudiante conoció durante la lección. La descripción del dibujo dice: "La científica me está hablando de toda la vida marina interesante que ve en su trabajo".

Name: [REDACTED]

Draw A Scientist, part 2

Instructions: Imagine that tomorrow you are going on a trip (anywhere) to visit a scientist in a place where the scientist is working right now. In the space below, draw the scientist busy with the work this scientist does. Add a caption, which tells what this scientist might be saying to you about the work you are watching the scientist do. Do not draw yourself or your teacher and do not use the internet or other resources to help you draw your scientist. After you have created your drawing and colored it, upload a photo of your drawing to the box below. You may use plain white paper and the colored pencils (from your supply bag), or a digital drawing tool if you prefer. When you are done, answer the questions on page 2.



Caption: What is this scientist saying to you about the work you are watching the scientist do?

Type here

The scientist is talking to me about all the cool sea life she gets to see at work.

Figura 2

Luego de revisar los antes-de-DASTs y los después-de-DASTs, encontramos que los estudiantes dibujaron menos imágenes estereotípicas después de los DASTs. De 33 estudiantes que completaron ambos, el antes y después, 22 dibujaron un equipo científico tradicional (como vasos y matraces) antes de la lección, sin embargo, solo 12 de ellos dibujaron este tipo de equipo después de la lección. Adicionalmente, 14 estudiantes dibujaron un equipo de protección como batas de laboratorio antes de la lección, y solo 6 estudiantes dibujaron un equipo de protección después. Finalmente, antes de la lección, un número igual de estudiantes dibujo hombres y mujeres como científicos; pero luego de la lección, 19 estudiantes dibujaron mujeres, 10 estudiantes dibujaron hombres, y tres estudiantes dibujaron científicos no-binarios.

También encontramos que los/las estudiantes cambiaron algunas de sus ideas sobre ciencia. Nuestra lección presentó diversas mujeres en el campo de la biología, y el número de dibujos que representaban biólogos aumento de 16 a 25. ¡De hecho, seis estudiantes dibujaron científicas que se les habían presentado durante la lección (Figura 3)!

Figura 3

Un gráfico de barras de las percepciones de los/las estudiantes sobre los científicos antes y después de la lección. Las barras muestran las respuestas DAST de los/las estudiantes antes (verde) y después (naranja) de la lección. Puedes ver que hubo cambios en las percepciones de los/las estudiantes; por ejemplo, la representación femenina y no binaria aumentó mientras que la representación masculina disminuyó.

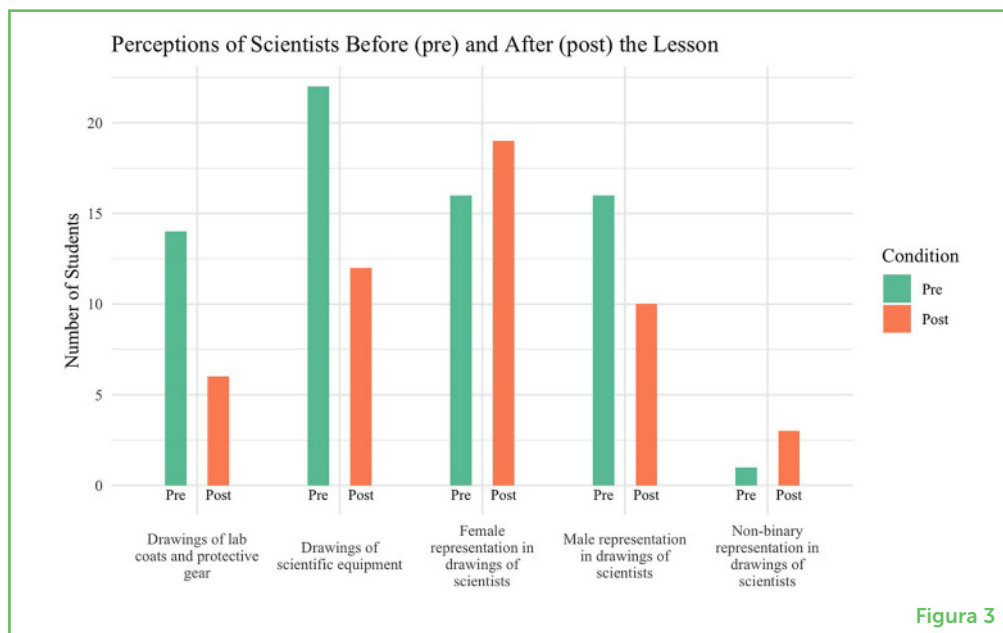


Figura 3

IMAGÍNA TE UNA CIENTÍFICA

¿Porqué es importante todo esto? ¡Estos números nos muestran que nuestra lección podría romper estereotipos dañinos acerca de qué significa ser un/a científico/a y quién puede ser un/a científico/a! Al analizar las creencias de los estudiantes sobre la ciencia y los científicos, pudimos determinar una parte de la solución a la falta de diversidad en los campos STEM. Tomará mucho trabajo para hacer que STEM sea igual para todos, pero éste podría ser un paso importante hacia el éxito futuro.

Ahora, imagínate a un científico de nuevo – ¿A quién te imaginas esta vez?

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento para este proyecto fue proporcionado por la subvención IF/THEN[®] She Can Change the World.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Claudia Garnica Diaz** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTICULO

Meaders, C., Gardiner, J., Wynns, S., Nigam, S., and Harris, J. 2023. A comic-based conservation lesson plan diversifies middle school student conceptions of scientists. *J. Res. STEM Educ.* 9:20–45. doi: 10.51355/jstem.2023.127

REFERENCIAS

1. Wyer, R. S., and Srull, T. K. 1986. Human cognition in its social context. *Psychol. Rev.* 93:322–59. doi: 10.1037/0033-295X.93.3.322
2. Wang, D., Liu, X., and Deng, H. 2022. The perspectives of social cognitive career theory approach in current times. *Front Psychol.* 13:1023994. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1023994
3. O'Brien, L. T., Bart, H. L., and Garcia, D. M. 2020. Why are there so few ethnic minorities in ecology and evolutionary biology? Challenges to inclusion and the role of sense of belonging. *Soc. Psychol. Educ.* 23:449–77. doi: 10.1007/s11218-019-09538-x
4. Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., and Tai, R. 2012. Stability and volatility of STEM career interest in high school: a gender study. *Sci. Educ.* 96:411–27. doi: 10.1002/sce.21007
5. Blotnicky, K. A., Franz-Odenaal, T., French, F., and Joy, P. 2018. A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *IJ STEM Ed.* 5:22. doi: 10.1186/s40594-018-0118-3
6. Meaders, C., Gardiner, J., Wynns, S., Nigam, S., and Harris, J. (2023). A comic-based conservation lesson plan diversifies middle school student conceptions of scientists. *J. Res. STEM Educ.* 9:20–45. doi: 10.51355/jstem.2023.127
7. Spiegel, A. N., McQuillan, J., Halpin, P., Matuk, C., and Diamond, J. 2013. Engaging teenagers with science through comics. *Res. Sci. Educ.* 43:2309–26. doi: 10.1007/s11165-013-9358-x
8. Chambers, D. W. 1983. Stereotypic images of the scientist: the draw-a-scientist test. *Sci. Educ.* 67:255–65. doi: 10.1002/sce.3730670213

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Mary Robbins y Briana Pobiner**

CITACIÓN: Wynns S, Meaders CL, Gardiner JC, Nigam S y Harris J (2025) Dibuja Un/A Científico/A-Diversos Modelos A Seguir Muestran Que La Ciencia Es Para Todos/As. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1374307-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Wynns S, Meaders CL, Gardiner JC, Nigam S and Harris J (2024) Picture a Scientist—Diverse Role Models Show that Science Is for Everyone. *Front. Young Minds* 12:1374307. doi: 10.3389/frym.2024.1374307

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Wynns, Meaders, Gardiner, Nigam y Harris. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



MAE, EDAD: 14

Mi nombre es Mae. Disfruto del arte, las matemáticas, la lectura, y jugar Minecraft. Me apasiona aprender acerca del mundo, y encontrar patrones. Me gusta aprender sobre y defender los derechos de las personas con discapacidad.



TOBY, EDAD: 12

Me gusta jugar videojuegos y tengo dos gatos.



AUTORES

SAMANTHA WYNNS

Samantha Wynns es una bióloga conservacionista que hace ciencia y la comunica en su trabajo en el Servicio de Parques Nacionales en el Monumento Nacional Cabrillo. La diversidad, la equidad, la inclusión, y la justicia son importantes para Sam y su proyecto favorito es la dirección de un campamento de verano STEM para niñas desfavorecidas. En cada rol, el objetivo de Sam es inspirar pasión por STEM y compromiso con la protección del medio ambiente. Ella, su esposo, dos gatos, y un loro muy amigable viven en la hermosa San Diego, California (Imagen cortesía de IF/THEN® Collection). *wynns.conservation@gmail.com



CLARA L. MEADERS

La galardonada profesora asistente, Dra. Claire Meaders, entusiasmo y mantiene entusiasmados a estudiantes de todas las edades por la biología. Claire hizo su pregrado en ciencias, enfocada en biología celular y molecular de la Universidad de Brown, y un doctorado en biología de organismos y evolutiva de la Universidad de Harvard. Fuera del laboratorio, a Claire le encanta hornear y los programas de televisión sobre pastelería, ¡y ella recientemente corrió su maratón número 15! (imagen cortesía de IF/THEN® Collection). *cmeaders@ucsd.edu



JAYE C. GARDINER

La Dra. Jaye Gardiner, científica investigadora biomédica reconocida a nivel nacional utiliza su conocimiento del mundo microscópico para comprender lo que ocurre en enfermedades como las infecciones virales o el cáncer. Jaye combina su talento en STEM y como artista para demostrar que la ciencia es para todos/as, mediante la creación de tarjetas coleccionables de científicos/as y comics de ciencia y científicos/as. Jaye disfruta trabajar con jóvenes y guiarles a través del proceso científico mientras llevan a cabo sus propios proyectos de investigación independiente (Imagen cortesía de IF/THEN® Collection).



SANKALP NIGAM

Sankalp Nigam se graduó recientemente de la UC en San Diego con un pregrado en biología humana. Le apasiona increíblemente la importancia de brindar una educación inclusiva y de alta calidad, especialmente a las generaciones más jóvenes. Él cree que es importante mejorar constantemente los esfuerzos educativos y hacer que el aprendizaje sea más personalizado para cada individuo. Espera continuar su pasión por la educación en el futuro como médico para poder contribuir a difundir el conocimiento médico en comunidades desatendidas, con el objetivo de mejorar la atención médica en estas áreas.



JILLIAN HARRIS

Hola, yo soy Jillian Harris, Cuando era una niña, soñaba con convertirme en médica o científica, ¡y estoy trabajando duro para hacer realidad ese sueño! Cuando no estoy estudiando para la escuela, me encanta ver programas de televisión y películas, y disfruto hacer ejercicio para mantenerme saludable. Mi programa de televisión favorito es "Bridgerton", y mi película favorita es "Los Increíbles". Nade competitivamente por 12 años, por lo que a menudo me puedes encontrar cerca de una piscina. Ya sea como salvavidas, dando lecciones de natación, o simplemente nadando por diversión, estar en el agua es una de mis actividades favoritas.

Spanish version provided by

Versión en español por





STEM-POR-TU-CUENTA: INCREMENTANDO LA PARTICIPACIÓN DE NIÑAS Y MINORÍAS EN STEM

Siobahn Day Grady*, Natalie Tucker y Christopher Lawson

Laboratorio de Investigación en Inteligencia Artificial y Equidad, Facultad de Biblioteconomía e Informática, Universidad Central de Carolina del Norte, Durham, NC, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



CHLOE

EDAD: 14



DIA

EDAD: 13



ELIZABETH

EDAD: 15



KAVYA

EDAD: 15



KIANA

EDAD: 15

¿Alguna vez te has preguntado por qué, al navegar por internet buscando científicos, tecnólogos, ingenieros o matemáticos, la mayoría de los resultados muestran hombres? ¿O te has preguntado si existe alguien que se parezca a ti trabajando en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés)? Nuestra investigación tuvo como objetivo comprender mejor por qué los campos de STEM no son diversos en cuanto a género o raza, y empoderar a la próxima generación de líderes en STEM a través de un proyecto llamado STEM-Por-Tu-Cuenta (SIY, por sus siglas en inglés). A través de SIY, presentamos a niñas de escuela secundaria a mujeres en STEM que representan las razas de las propias niñas. Al escuchar las historias de las presentadoras sobre sus trayectorias en STEM, quienes eran mujeres y personas negras, indígenas y de color (BIPOC, por sus siglas en inglés), las niñas participantes en SIY pudieron desarrollar identidades relacionadas con STEM, lo

cual podría motivarlas a permanecer en estos campos y ayudar a diversificar la fuerza laboral en STEM.

INTRODUCCIÓN DE NIÑAS DE DIVERSOS ORÍGENES AL STEM A UNA EDAD TEMPRANA

Solo unas pocas niñas y niños de diversos orígenes se ven teniendo carreras en los campos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (campos STEM). Algunos niños, principalmente aquellos de grupos **minoritarios**, no sienten que pertenecen al mundo de STEM cuando terminan la escuela. La participación temprana en STEM es esencial porque, cuando los niños pequeños participan en actividades relacionadas con STEM, esta participación puede brindarles una identidad profesional más sólida en STEM, mayor interés por la ciencia y confianza en trabajar en estos campos [1]. El programa STEM-Por-Tu-Cuenta, desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial e Investigación en Equidad (LAIER, por sus siglas en inglés), tiene como objetivo cambiar la forma en que las niñas negras, indígenas y de color (BIPOC, por sus siglas en inglés) se ven a sí mismas y cómo se comportan en STEM. Específicamente, SIY busca ayudar a estas niñas a volverse más seguras de sí mismas, para que puedan imaginarse con un trabajo en STEM.

¿QUÉ ES UNA IDENTIDAD STEM?

Una **Identidad STEM** se refiere a cuando una persona puede sentir un sentido de apego o pertenencia a un entorno relacionado con STEM. Para ayudar a los niños a desarrollar una identidad STEM, los educadores e investigadores deben enfocarse en la educación STEM temprana en el día a día de los niños. Estudios muestran que las primeras etapas de la vida de un niño son cruciales para el desarrollo de su identidad, ayudándolos a aprender cómo vivir en el presente y a desarrollar potenciales identidades STEM a futuro [2]. La iniciativa STEM-Por-Tu-Cuenta (SIY) proporcionó mentores para alentar, inspirar y guiar a estas jóvenes. Fue una excelente manera de hacer que los niños pequeños exploraran sus intereses y cultivaran sus identidades STEM.

De acuerdo al Centro de Investigación Pew, solo el 14% de mujeres que trabajan están en ciencias físicas e ingeniería, solo el 20% trabajan en áreas relacionadas con la salud, y el 15% de las trabajadoras en ciencias de la computación son mujeres BIPOC [3]. En los Estados Unidos, las mujeres y las personas de color a menudo están ausentes en los trabajos relacionados con STEM—¡menos de una cuarta parte de los empleados en STEM son mujeres, como puedes ver! Tener más mujeres y personas de color en STEM podría impulsar la creatividad y la innovación [4]. Las barreras financieras y la falta de modelos por seguir pueden dificultar que las niñas de color se vean a sí mismas en

MINORÍA

Una parte de la población considerada diferente al resto en algunas características y que a1 menudo recibe un trato diferente.

IDENTIDAD STEM

El reconocimiento de sí mismo y de los demás como una persona en STEM o en campos relacionados con STEM.

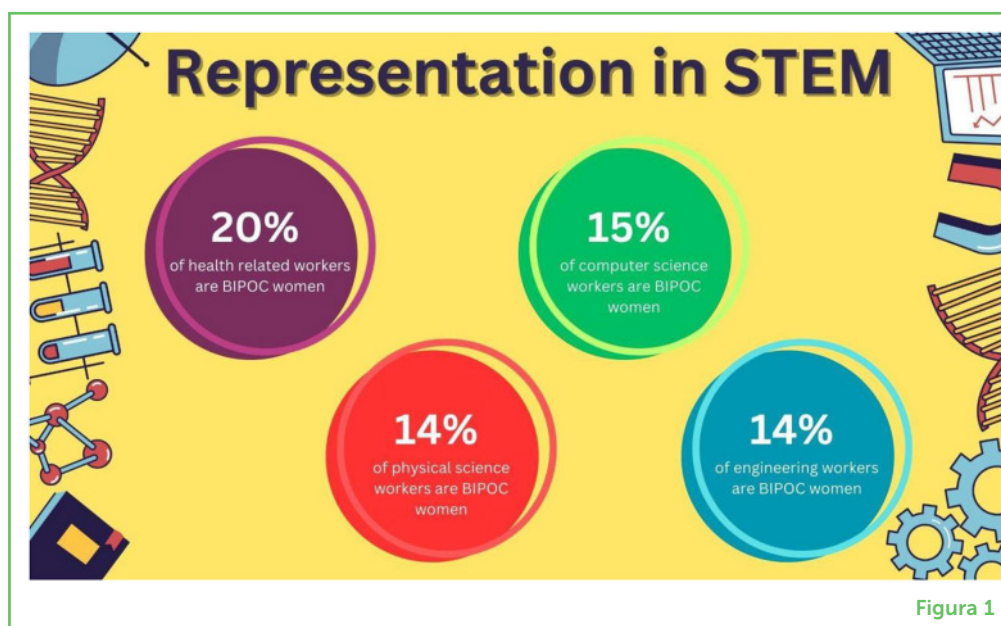
carreras STEM. Sin embargo, contar con mentores que se parezcan a ellas puede marcar una gran diferencia al ayudar a las niñas a creer que pueden tener éxito. Cuanto más aprendan sobre los campos STEM, más probable será que persigan carreras en estas áreas.

¿CÓMO PUEDE AYUDAR LA EXPOSICIÓN?

Menos del 10% del contenido STEM se enseña en clases desde jardín de infancia hasta el segundo grado—¡es una cantidad muy pequeña! [2] ¿Pero sabes qué? Podemos cambiar eso desarrollando formas de exponer a los jóvenes a STEM. La exposición temprana podría ayudar a aumentar el porcentaje de mujeres que ingresan a campos STEM. Las investigaciones muestran que entre los grados 6–8 (edades 9–13) es cuando se desarrollan la mayoría de las aspiraciones profesionales [5]. Actividades prácticas como construir robots, jugar juegos de programación o realizar experimentos científicos, pueden hacer que las materias STEM sean más atractivas. Programas y clubes como los de la Sociedad de Mujeres en la Ingeniería o Niñas Negras Que Programan conectan a las estudiantes con mentores y proyectos del mundo real que las inspiran y guían. Con estas ideas en mente, el Laboratorio de Inteligencia Artificial e Investigación en Equidad (LAIER) creó STEM-Por-Tu-Cuenta (SIY) para ayudar a los niños a involucrarse con sus verdaderos gustos e intereses en campos STEM, de modo que puedan encontrar su pasión y, eventualmente, aumentar el número de personas de grupos subrepresentados en trabajos STEM en el futuro (Figura 1).

Figura 1

Porcentajes de mujeres BIPOC (negras, indígenas y de color por sus siglas en inglés) en ciencias de la computación, ciencias físicas, ingeniería y campos relacionados con la salud. (Centro de Investigación Pew).



Traducción figura 1:

Representación en STEM

- 20% de trabajadores de la salud son mujeres BIPOC.
- 15% de trabajadores de ciencias de la computación son mujeres BIPOC.
- 14% de trabajadores de ciencias físicas son mujeres BIPOC.
- 14% de trabajadores de ingeniería son mujeres BIPOC.

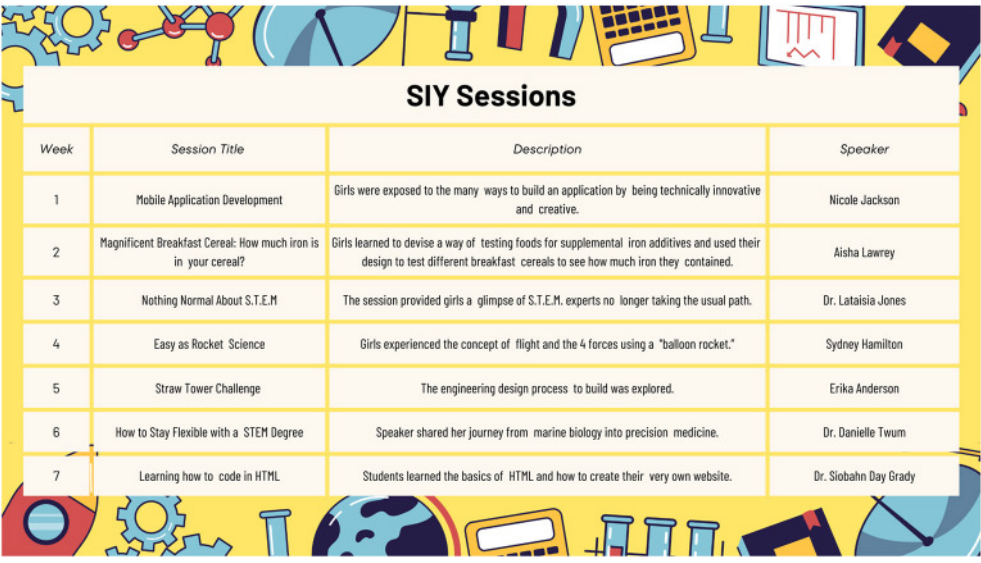
¿CÓMO FUNCIONA LA INICIATIVA STEM-POR-TU-CUENTA (SIY)?

SIY fue una actividad extracurricular para estudiantes de secundaria (grados 6–8; edades 9–13) que exploró las percepciones, actitudes y comportamientos de las adolescentes al hacerlas participar en actividades relacionadas con STEM [6]. Estas niñas quizás no habían tenido la oportunidad de desarrollar una identidad STEM, de ver a mujeres que se parecen a ellas en este ámbito o de contar con los recursos necesarios para aprender más sobre STEM. La iniciativa SIY tuvo dos componentes principales: sesiones y actividades.

Las actividades de SIY eran proyectos prácticos diseñados para crear algo relacionado con diversos temas de STEM, mientras que las sesiones de SIY se centraban en temas específicos y contaban con charlas de invitadas con profesiones STEM. La **Figura 2** ofrece un vistazo a los diversos temas y actividades cubiertos. Estas sesiones educativas e interactivas expusieron a las niñas a actividades STEM de la vida real, fomentando un entendimiento más profundo del mundo que las rodea. Fueron motivadas a aplicar los principios que aprendieron de las charlas en actividades prácticas relacionadas con los temas discutidos. Todas las sesiones fueron grabadas y compartidas en línea, para que puedan ser revisadas en cualquier momento en nuestra *página de YouTube de la iniciativa STEM-Por-Tu-Cuenta*.

Figura 2

Las sesiones de STEM-Por-Tu-Cuenta tenían diferentes temas e invitadas, con el objetivo de mostrar a las participantes mujeres en STEM que se parecían a ellas.



Week	Session Title	Description	Speaker
1	Mobile Application Development	Girls were exposed to the many ways to build an application by being technically innovative and creative.	Nicole Jackson
2	Magnificent Breakfast Cereal: How much iron is in your cereal?	Girls learned to devise a way of testing foods for supplemental iron additives and used their design to test different breakfast cereals to see how much iron they contained.	Aisha Lawrey
3	Nothing Normal About S.T.E.M	The session provided girls a glimpse of S.T.E.M. experts no longer taking the usual path.	Dr. Lataisia Jones
4	Easy as Rocket Science	Girls experienced the concept of flight and the 4 forces using a "balloon rocket."	Sydney Hamilton
5	Straw Tower Challenge	The engineering design process to build was explored.	Erika Anderson
6	How to Stay Flexible with a STEM Degree	Speaker shared her journey from marine biology into precision medicine.	Dr. Danielle Twum
7	Learning how to code in HTML	Students learned the basics of HTML and how to create their very own website.	Dr. Siobahn Day Grady

Figura 2

Traducción Figura 2:

Semana	Título de la Sesión	Descripción	Invitada
1	Desarrollo de Aplicaciones Móviles	Las niñas fueron expuestas a muchas formas de construir una aplicación siendo técnicamente innovadoras y creativas	Nicole Jackson
2	Cereal de Desayuno Magnífico: ¿cuánto hierro tiene tu cereal?	Las niñas aprendieron a diseñar una forma de probar alimentos con aditivos de hierro suplementario y usaron su diseño para probar diferentes cereales de desayuno y ver cuánto hierro contenían.	Aisha Lawrey
3	Nada Normal Sobre STEM	La sesión ofreció a las niñas experiencia de expertas en STEM que no siguen el camino habitual.	Dr. Lataisia Jones
4	Tan Fácil Como la Ciencia de Cohetes	Las niñas experimentaron el concepto de vuelo y de las 4 fuerzas utilizando un "cohetes de globo".	Sydney Hamilton
5	Desafío de la Torre de Pitillos	Se exploró el proceso de diseño en ingeniería para construir.	Erika Anderson
6	Cómo Mantenerse Flexible con un Grado STEM	La invitada compartió su trayectoria desde la biología marina hasta la medicina de precisión	Dr. Danielle Twum
7	Aprendiendo a Programar en HTML	Las estudiantes aprendieron los conceptos básicos de HTML y cómo crear su propio sitio web.	Dr. Siobahn Day Grady

SIY no se trató solamente de actividades divertidas. También utilizamos encuestas para asegurarnos de que las niñas aprovecharan al máximo cada sesión. Las encuestas medían cuánto recordaban las niñas de sesiones anteriores y servían como un "avance" para la próxima sesión. Ellas también realizaban cuestionarios breves e interactivos en Kahoot para evaluar su conocimiento y memoria de los temas enseñados en la lección. Para cerrar cada sesión, el equipo de SIY formulaba preguntas después de la encuesta para recopilar información que nos ayudara a modificar los métodos de enseñanza, asegurándonos de que las jóvenes no se sintieran abrumadas ni desmotivadas. Si bien SIY nos ayudó a descubrir múltiples formas de cerrar la brecha para las jóvenes BIPOC interesadas en STEM, el trabajo no termina aquí.

IMPACTO Y CONCLUSIÓN

La iniciativa STEM-Por-Tu-Cuenta (SIY) puede aplicarse en otros entornos, grupos de edad, niveles escolares, organizaciones o universidades para enfocarse en personas BIPOC y apoyar o

aumentar la fuerza laboral en STEM. Para evaluar cuán bien le fue al programa, seguimos el progreso de las participantes para ver si SIY tuvo un impacto a largo plazo y ayudó a las niñas a desarrollar sus identidades STEM. Esperamos que, al leer este artículo, puedas apreciar el poder de la representación, las actividades de enriquecimiento y de la divulgación. Quizá puedas pensar en otras organizaciones que necesiten implementar actividades STEM o mejorar sus programas relacionados con STEM. Planeamos expandir el programa para llegar a otras jóvenes de comunidades subrepresentadas y desatendidas.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Julieth Gómez** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

REFERENCIAS

1. Stringer, K., Mace, K., Clark, T., and Donahue, T. 2020. STEM focused extracurricular programs: who's in them and do they change STEM identity and motivation? *Res. Sci. Technol. Educ.* 38:507–22. doi: 10.1080/02635143.2019.1662388
2. Hachey, A. C. 2020. Success for all: fostering early childhood STEM identity. *JRIT* 13:135–9. doi: 10.1108/JRIT-01-2020-0001
3. Fry, R., Kennedy, B., and Funk, C. (2021). *STEM Jobs See Uneven Progress in Increasing Gender, Racial and Ethnic Diversity*. Pew Research Center. Available online at: <https://www.pewresearch.org/social-trends/2021/04/01/stem-jobs-see-uneven-progress-in-increasing-gender-racial-and-ethnic-diversity> (accessed August 16, 2024).
4. Kricorian, K., Seu, M., Lopez, D., Ureta, E., and Equils, O. 2020. Factors influencing participation of underrepresented students in STEM fields: matched mentors and mindsets. *IJ STEM Ed.* 7:16. doi: 10.1186/s40594-020-00219-2
5. Kang, H., Calabrese Barton, A., Tan, E., Simpkins, S., Rhee, H., and Turner, C. 2019. How do middle school girls of color develop STEM identities? Middle school girls' participation in science activities and identification with STEM careers. *Sci. Ed.* 103:418–39. doi: 10.1002/sce.21492
6. Grady, S. D., Opoku-Boateng, F. A., Reid-Daniels, L., Tucker, N., and Muriungi, L. 2021. "STEM-it-yourself: exposing rural adolescent girls to STEM through online learning", in *2021 Conference on Research in Equitable and Sustained Participation in Engineering, Computing, and Technology (RESPECT)* (Philadelphia, PA). p. 1–3. doi: 10.1109/RESPECT51740.2021.9620643

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Beatris Mendez-Gandica**, **Jumi Hayaki**, y **Lataisia Jones**

CITACIÓN: Grady SD, Tucker N y Lawson C (2025) STEM-Por-Tu-Cuenta: Incrementando la participación de niñas y minorías en STEM. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2024.1448843-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Grady SD, Tucker N and Lawson C (2024) Stem-It-Yourself: Increasing Participation of Girls and Minorities in Stem. Front. Young Minds 12:1448843. doi: 10.3389/frym.2024.1448843

CONFLICTO DE INTERESES: los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Grady, Tucker y Lawson. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



CHLOE, AGE: 14

Me empecé a involucrar más en el mundo de STEM recientemente durante el último año. Estoy en un programa que me ayuda a apoyarme y motivarme para seguir una carrera en STEM.



DIA, EDAD: 13

Recientemente terminé el 7º grado y estoy emocionada y a la expectativa de entrar al 8º grado pronto. Algunos de mis hobbies incluyen reunirme con amigos, leer, escuchar música, nadar, pintar y, ocasionalmente, jugar baloncesto en la entrada de mi casa. Mis materias/clases adicionales favoritas en la escuela son Educación Física y Matemáticas. Como tengo 13 años, no he descubierto completamente cómo quiero que se vea mi futura carrera profesional, pero estoy considerando un futuro como abogada corporativa o ingeniera de software.



ELIZABETH, EDAD: 15

Soy Elizabeth y seré estudiante de segundo año en la escuela secundaria (10º grado). Me encanta aprender sobre química y física, especialmente temas como mecánica cuántica y electroquímica. Recientemente, también disfruto jugar con Arduinos y usar diferentes tipos de sensores. Además de explorar temas STEM, también disfruto tocar el piano, ultimate frisbee y hacer trabajo voluntario en parques locales como Torrey Pines, Cabrillo y la Reserva Los Penasquitos.



KAVYA, EDAD: 15

¡Hola! ¡Soy Kavya! ¡Me encanta la ciencia y todos los aspectos de la genética, la medicina y la ciencia ambiental! ¡En mi tiempo libre hago caligrafía y salgo a correr largas distancias! También me encanta escribir poesía y todo tipo de literatura. Algunas de mis actividades favoritas son acurrucarme con mi mascota, un conejillo de indias, y leer autobiografías.

KIANA, EDAD: 15

¡Hola a todos! Mi nombre es Kiana y estoy muy emocionada de ser una Revisora ??Joven. ¡Me apasiona apoyar a las comunidades discapacitadas ya que soy sorda! Algunos de mis pasatiempos incluyen pasar tiempo con amigos, familiares y mis tres perros grandes, escribir en mi diario, programar y enseñar Lenguaje de Señas Americano.

AUTORES

SIOBAHN DAY GRADY

La Dra. Siobahn Day Grady es directora del programa y profesora asistente de ciencias de la información en la Escuela de Ciencias de la Información y Bibliotecología de la Universidad Central de Carolina del Norte. Lidera el Laboratorio de Inteligencia Artificial e Investigación en Equidad, donde sus áreas de investigación incluyen derechos de autor, la interacción humano-computadora e inteligencia artificial. También participa en numerosas actividades de divulgación para ampliar la participación en ciencias de la computación.

NATALIE TUCKER

Natalie Tucker, especialista en seguridad en el equipo de Inteligencia de Amenazas Cibernéticas de The Walt Disney Company, está profundamente apasionada por su trabajo. Su rol exige vigilancia constante, asegurándose de estar al tanto y de informar o compartir rápidamente información vital, como amenazas emergentes y vulnerabilidades que puedan afectar a la compañía. Su pasión radica en recopilar y compilar información y crear historias a partir de esos datos. Esta pasión impulsa su deseo de compartir su trayectoria y conocimientos con personas BIPOC, con la esperanza de inspirarlas a seguir sus sueños en STEM.

CHRISTOPHER LAWSON

Christopher Lawson es gerente de programas de formación y desarrollo en la Escuela de Ciencias de la Información y Bibliotecología de la Universidad Central de Carolina del Norte para el Programa de Liderazgo en Equidad Digital. Christopher también está cursando un doctorado en computación centrada en el ser humano en la Universidad de Clemson. Con experiencia diversa y un fuerte compromiso con la promoción de la diversidad y la representación, Christopher está dedicado a inspirar a otros y a avanzar en los campos de ciencias de la computación y tecnología de la información. A través de su trabajo, lucha por cerrar la brecha digital, aumentar la equidad digital y empoderar a las comunidades subrepresentadas.

Spanish version provided by

Versión en español por



¿CÓMO AFECTARÁ EL CAMBIO CLIMÁTICO A LAS MERIENDAS FAVORITAS DE LOS PICAS?

Emily Monk^{1,2}, Karli Weatherill³, Chris Ray^{1,4}, Ashley Whipple^{1,4} y Johanna Varner^{3*}

¹Departamento de Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Colorado en Boulder, Boulder, CO, Estados Unidos

²Departamento de Biología, Universidad Memorial de Terranova, St. John's, NL, Canadá

³Departamento de Biología, Universidad de Colorado Mesa, Grand Junction, CO, Estados Unidos

⁴Instituto de Investigación sobre el Ártico y los Alpes, Universidad de Colorado en Boulder, Boulder, CO, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



IZZY

EDAD: 13



LUCINDA

EDAD: 15



SAM

EDAD: 10

Muchos animales son herbívoros, lo que significa que obtienen todos sus nutrientes al comer plantas. Los picas americanos son parientes adorables de los conejos que comen plantas en las montañas. Pero los inviernos alpinos son difíciles, por lo que los picas pasan el verano entero recolectando y almacenando plantas para comer bajo la nieve invernal. Al igual que las personas, los picas en Colorado tienen una comida favorita: una planta llamada cariofilada de montaña. Esta especie de planta es una merienda especial para los picas porque contiene preservativos naturales llamados fenoles, lo que mantiene la comida fresca durante todo el invierno. Nosotros estudiamos cómo el cambio climático está afectando esta importante característica de la merienda favorita de los picas. Las cariofiladas de montaña contienen más fenoles que hace 30 años

atrás, por lo que se preservan mejor almacenadas. Pero hay un problema: estos preservativos pueden ser difíciles de digerir. Estudios como este nos ayudan a comenzar a entender las muchas formas complicadas en las que el cambio climático afecta a herbívoros como los picas.

TALUD

Montones de rocas que se acumulan en la base de un acantilado o a lo largo del borde de un glaciar. A los picas en América del Norte les gusta vivir en montones de rocas en lugar de madrigueras.

ALPINO

Relacionado con montañas altas. Las plantas y los animales alpinos están bien adaptados a vivir a grandes altitudes, en hábitats con veranos cortos y frescos, y largos inviernos.

Figura 1

Picas americanos y sus pilas de heno. **(A)** Pica americano cargando un montón de cariofilada de montaña en su boca hacia su pila de heno (foto: Holly Nelson). **(B)** Un pica con su pila de heno (foto: Juliana Pearson).

PILA DE HENO

Una colección de plantas (principalmente flores silvestres) almacenadas por un pica. Un pica comerá de esta "reserva de alimentos" durante el invierno, cuando es difícil encontrar otra comida.

LA VIDA DE UN PICA EN EL BUFFET ALPINO

Imagina que tu casa estuviera en lo alto de las montañas y que pasaras tus veranos recolectando tus alimentos favoritos. Así es la vida de una especie animal llamada pica americano (Figura 1). Los picas son pequeños mamíferos parientes de los conejos. Usualmente viven en lo alto de las montañas, en áreas rocosas llamadas **taludes**. El talud proporciona al pica refugio contra el clima y un lugar donde sentirse seguro. Pero vivir en las montañas no es fácil para los picas. Sus hogares pueden estar cubiertos de nieve durante 9 meses al año. Los picas viven bajo la nieve en sus hogares de talud durante todo el invierno: no hibernan ni duermen todo el invierno como otros animales. En lugar de eso, durante el corto verano **alpino**, cuando los prados de montaña están llenos de plantas para comer, trabajan arduamente para almacenar suficiente comida que les dure todo el invierno. ¡Imagina si tuvieras que hacer las compras para todo el año escolar de una sola vez!



Figura 1

ALMACENANDO PARA EL INVIERNO

Los picas son herbívoros, lo que significa que solo comen plantas. Los picas comen pastos y flores de las praderas cercanas a sus hogares rocosos. Durante el verano, los picas deben recolectar alimentos para el invierno. Los picas pasan sus veranos recolectando enormes cantidades de plantas para almacenarlas en una **pila de heno** [1]. Esta pila de heno es todo lo que tienen para comer durante el invierno, cuando todo su vecindario está cubierto de densa nieve, por lo que es importante que recojan suficientes plantas. Al igual que las

FENOLES

Sustancias químicas que algunas flores silvestres producen de manera natural, las cuales protegen el tejido de la planta del ambiente hostil y de los herbívoros; también ayudan a preservar las plantas almacenadas en las pilas de heno de los picas.

TÓXICO

Nocivo cuando se ingiere. Las plantas tóxicas pueden causar una variedad de problemas a los herbívoros, desde ser difíciles de digerir (al requerir demasiada energía) hasta causar enfermedades o incluso la muerte.

personas, los picas en Colorado (EE. UU.) tienen una merienda favorita para poner en sus pilas de heno: una planta llamada cariofilada de montaña. La cariofilada de montaña compone la mayor parte de la dieta invernal de los picas. Es la planta más común en una pila de heno, representando más de la mitad de todo lo que almacenan en su despensa.

Los picas tienen dietas diferentes en verano e invierno debido a lo que contienen las plantas que comen. Los alimentos que comen en verano son ricos en nutrientes y fáciles de digerir. Pero la comida de invierno es un poco más complicada. Los alimentos que los picas almacenan para el invierno deben durar muchos meses antes de ser consumidos. La mayoría de las plantas normales se echarían a perder mucho antes de que termine el invierno. ¿Te imaginas dejar una ensalada en tu habitación durante todo el invierno? ¡No sería muy sabrosa en primavera! Por eso la cariofilada de montaña es especial: contiene químicos naturales llamados **fenoles** que actúan como preservativos [2]. Los fenólicos mantienen fresca la cariofilada de montaña en una pila de heno, para que un pica pueda comerla durante todo el invierno. Pero comer preservativos tiene un costo—los fenoles también son **tóxicos**, lo que significa que un pica no puede comer demasiada cariofilada de montaña sin enfermarse mucho o gastar mucha energía en la digestión. Afortunadamente, los picas saben que, con el tiempo, los fenoles tóxicos se descomponen y las plantas se vuelven comestibles. Dado que los fenoles también conservan la cariofilada de montaña, las plantas se mantienen frescas hasta que ya no son tóxicas. Esto significa que los picas pueden comer mucha cariofilada de montaña almacenada más tarde en el invierno, sin enfermarse.

APRENDIENDO MÁS SOBRE LOS MERIENDAS DE LOS PICAS

El cambio climático ya ha afectado a muchas especies de plantas y animales, como puedes aprender en este artículo de Frontiers for Young Minds. Pero las formas en que los cambios en la temperatura y la precipitación afectan la vida diaria de las especies de montaña no siempre son evidentes. Queríamos saber más sobre cómo el cambio climático podría estar afectando la principal fuente de alimento invernal de los picas en Colorado. Esperábamos que la cariofilada de montaña se hubiera vuelto más tóxica porque las plantas podrían estar utilizando el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera para producir más fenoles.

Comparamos los fenoles en la cariofilada de montaña actuales con los de los años 90, para ver si había diferencias a lo largo del tiempo. Comenzamos regresando a un sitio en Niwot Ridge, el mismo lugar donde otra científica llamada Denise Dearing estudió a los picas en 1992 [1, 2]. Niwot Ridge se encuentra en lo alto de las montañas de Colorado, a una altitud de aproximadamente 11,000 pies o 3,350

metros. Recolectamos cariofilada de montaña cada año desde 2010 hasta 2018, tal como lo hizo la Dra. Dearing unos 25 años antes.

Llevamos algunas de esas plantas al laboratorio para medir la cantidad de fenoles que contenían (Figura 2). Molimos las muestras de plantas en un líquido que disolvió los fenoles. Luego, medimos los niveles de fenoles usando una reacción química en la que el líquido cambia de color dependiendo de la cantidad de fenoles presentes. Así que las muestras de plantas con muchos fenoles se volvieron de color verde oscuro, y las muestras de plantas con pocos fenoles permanecieron amarillas. Finalmente, una máquina midió cuán amarilla o verde era cada muestra y tradujo el color en un número que representa la cantidad de fenoles.

Figura 2

Midiendo el contenido de fenoles en las meriendas de los picas. Las muestras de cariofilada de montaña se molieron primero en el laboratorio. Luego, una reacción química en tubos de ensayo hizo que las muestras cambiaran de amarillo a verde, en proporción a la cantidad de fenoles presentes en la muestra. Cuantos más fenoles, más verde oscuro se volvían las muestras. Finalmente, una máquina midió los colores de cada muestra y tradujo estos colores en una cantidad de fenoles para cada muestra (dibujo de cariofilada por Alexandra Weatherill).

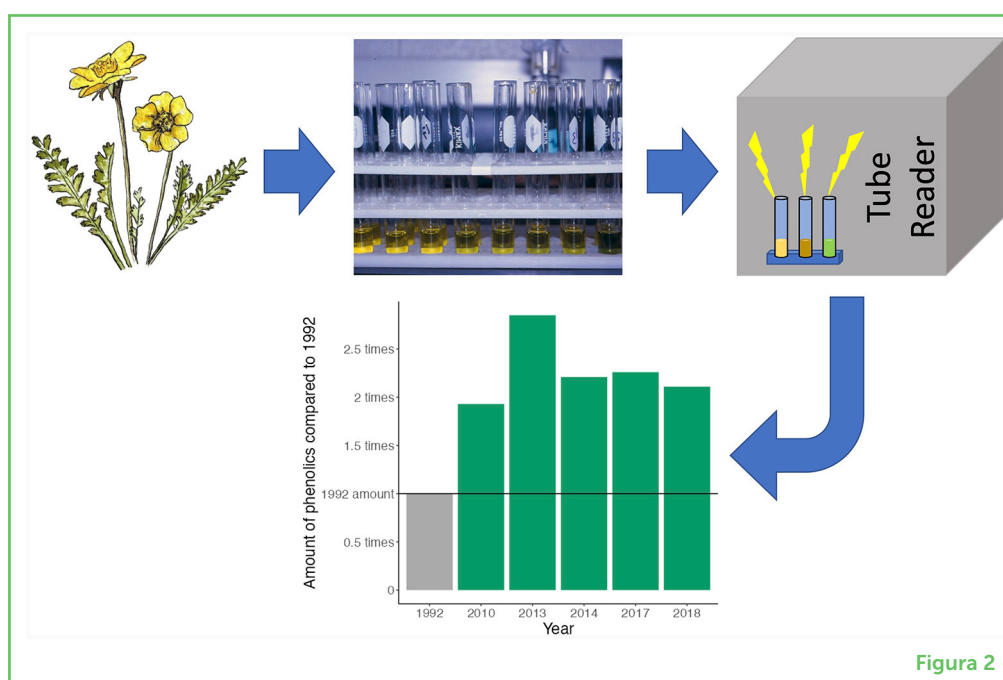


Figura 2

También queríamos saber cómo los cambios en los fenoles podrían afectar la conservación de las plantas en las pilas de heno de los picas. Así que, en septiembre de 2017, colocamos algunas plantas en jaulas de alambre y las pusimos en el talud como una pila de heno de pica (Figura 3). Las jaulas mantenían las plantas a salvo de picas curiosos u otros animales, pero permitían que las plantas se descompusieran, tal como lo harían en una pila de heno real. Estas pilas de heno experimentales pasaron el invierno bajo la nieve en Niwot Ridge, hasta que las recolectamos en julio de 2018. Luego, secamos y pesamos lo que quedaba en las jaulas para ver qué tan bien se conservaron las plantas.

Finalmente, comparamos nuestros resultados con el estudio de la Dra. Dearing de 1992, para ver si había diferencias en la cantidad de fenoles en las cariofiladas de montaña o en cómo se conservaron las plantas en las pilas de heno de los picas.

Figura 3

Pilas de heno experimentales en Niwot Ridge. **(A)** Una de las autoras, Johanna Varner, marca la ubicación de una pila de heno experimental en Niwot Ridge. **(B)** Las pilas de heno experimentales se colocaron en jaulas de alambre y se posicionaron entre las rocas, igual que una verdadera pila de heno de pica.



Figura 3

CAMBIOS EN LA MESA DE COMEDOR DE UN PICA

Resultó que la cariofilada de montaña ha cambiado mucho. Primero, esta planta tenía más del doble de la cantidad de fenólicos en el momento de nuestro estudio que en 1992 (Figura 2). De hecho, en

uno de los años de nuestro experimento (2013), la cariofilada de montaña fue casi tres veces más tóxica que antes. Los fenoles adicionales también hicieron que las plantas se conservaran mejor. En nuestras pilas de heno experimentales, quedó aproximadamente un 10% más de alimento al final del invierno en comparación con hace 25 años atrás.

Esto es tanto una buena como una mala noticia para los picas. El hecho de que su bocadillo favorito sea ahora más tóxico podría hacerlo menos apetitoso para comer fresco. Pero, por otro lado, la cariofilada de montaña también se mantiene fresca por más tiempo. Así que los picas podrían tener que esperar más tiempo para poder comer cariofilada de montaña con más fenoles, pero tener más fenoles puede ayudar a conservar la cariofilada de montaña e incluso otros bocadillos en la pila de heno. Esto significa que, incluso si no almacenan tanta comida, los picas podrían tener más para comer a finales del invierno. También sabemos que la cariofilada de montaña se ha vuelto menos común en los prados de Niwot Ridge, que se están volviendo más secos debido al cambio climático [3]. En cambio, las praderas tienen más pastos que a los picas les gusta comer frescos. Así que, aunque los picas de hoy tal vez no puedan encontrar tantas cariofiladas de montaña como los picas que vivían hace 25 años, puede que tampoco necesiten almacenar tanta comida.

¿QUÉ SIGNIFICA TODO ESTO?

La forma en que el cambio climático afecta los alimentos favoritos de los picas es como un rompecabezas complicado. De alguna manera, el cambio climático podría hacer la vida más difícil para estas adorables criaturas, ya que cambian lo que comen. Pero, por otro lado, los alimentos que recolectan podrían durar más tiempo en almacenamiento, lo que podría hacerles la vida más fácil. En el futuro, el clima cambiante podría incluso modificar las opciones de comida que tienen los picas. Las temperaturas más cálidas ya están cambiando las praderas de montaña para que tengan más pastos y menos flores como la cariofilada de montaña. Imagina si tuvieras que comer solo una cosa para siempre, como los pandas que comen bambú o los koalas que comen eucaliptos. ¡Eso podría pasarle a los picas!

A medida que seguimos estudiando a los picas y sus meriendas durante un largo período de tiempo, podemos aprender cómo el cambio climático está haciendo las cosas diferentes para estos animales. Es como leer un libro de historia sobre los picas y descubrir que los alimentos que comen ahora son diferentes a los que solían comer. Al igual que nosotros comparamos nuestros resultados con los de la Dra. Dearing, ¡tal vez en 25 años TÚ estarás estudiando cómo han cambiado los bocadillos de los picas en comparación con los de ahora!

Así que, la próxima vez que estés cenando, piensa en cómo el cambio climático podría estar cambiando los alimentos en tu plato. Al igual que para los picas, el cambio climático también puede cambiar nuestros alimentos favoritos. Es un recordatorio de que todos compartimos este planeta, y cuidarlo es importante, ¡tanto para nosotros como para los animales!

AGRADECIMIENTOS

La beca DEB-1637686 fue otorgada por la National Science Foundation al programa de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Niwot Ridge (NWT LTER) para apoyar la investigación de NWT LTER, incluida la parte de este trabajo dirigida por CR. La Mountain Research Station de la Universidad de Colorado proporcionó recursos clave y permisos para esta investigación. JV fue apoyada en este estudio a través de la beca Faculty Professional Development de la Universidad de Colorado Mesa y la beca Natural History Research de Western North American Naturalist. La preparación de este artículo también fue posible gracias al apoyo de IF/THEN y Lyda Hill Philanthropies.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **María José Román** (Chile), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Varner, J., Carnes-Douglas, Z. J., Monk, E., Benedict, L. M., Whipple, A., Dearing, M. D., et al. 2023. Sampling a pika's pantry: temporal shifts in nutritional quality and winter preservation of American pika food caches. *Ecosphere* 14:e4494. doi: 10.1002/ecs2.4494

REFERENCIAS

1. Dearing, M. D. 1997. The function of haypiles of pikas (*Ochotona princeps*). *J. Mammal.* 78:1156–63. doi: 10.2307/1383058
2. Dearing, M. D. 1997. The manipulation of plant toxins by a food-hoarding herbivore, *Ochotona princeps*. *Ecology* 78:774–81. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[0774:TMOPTB]2.0.CO;2
3. Bhattacharyya, S., and Ray, C. 2015. Of plants and pikas: evidence for a climate-mediated decline in forage and cache quality. *Plant Ecol. Divers.* 8:781–94. doi: 10.1080/17550874.2015.1121520

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Samantha Wynns y Malgorzata Lagisz**

CITACIÓN: Monk E, Weatherill K, Ray C, Whipple A y Varner J (2025) ¿Cómo afectará el cambio climático a las meriendas favoritas de los pikas? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1331857-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Monk E, Weatherill K, Ray C, Whipple A and Varner J (2024) How Will Climate Change Affect Pikas' Favorite Snacks? *Front. Young Minds* 12:1331857. doi: 10.3389/frym.2024.1331857

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Monk, Weatherill, Ray, Whipple y Varner. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia **Creative Commons Attribution (CC BY)**. Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES

IZZY, EDAD: 13

¡Hola! ¡Soy Izzy! Soy aprendiz de Conservación y Administración Ambiental en el Servicio de Parques Nacionales, ¡y amo la ciencia! ¡Tengo una curiosidad insaciable y me encantan los nuevos desafíos!



LUCINDA, EDAD: 15

Mi nombre es Lucinda y estoy en mi segundo año de secundaria. No solo adoro la ciencia, ¡también me encanta leer, nadar y estar al aire libre! En cuanto a la ciencia, mi asignatura favorita es la bioquímica, por la cual siempre he tenido un gran interés. En el futuro, espero usar mi amor por la bioquímica para ayudar a estudiar e investigar cómo podemos conservar y proteger nuestros ecosistemas naturales y especies nativas. ¡Estoy muy agradecida por esta oportunidad!



SAM, EDAD: 10

Soy Sam, tengo 10 años y estoy en quinto año. Me gustan los animales y los deportes. Mis asignaturas favoritas en el colegio son educación física y matemáticas.



AUTORES

EMILY MONK

Emily estudió a los picas durante su licenciatura en la Universidad de Colorado Boulder, donde se centró en cómo los hábitats de los picas han cambiado con el tiempo. Ahora es estudiante de posgrado en la Universidad Memorial de Terranova en Canadá, estudiando cómo el cambio climático afecta a los animales que viven en lugares nevados. A Emily le encanta estar al aire libre, observar y fotografiar la vida silvestre, y escalar hasta la cima de altas montañas.



KARLI WEATHERILL

Karli es una estudiante de biología en la Universidad de Colorado Mesa. Le encantan todos los animales, ¡especialmente los picas! Un día, espera convertirse en bióloga de conservación y seguir estudiando y ayudando a los animales. En su tiempo libre, le gusta viajar a nuevos lugares y disfrutar de la música de Taylor Swift con sus amigos.



CHRIS RAY

Chris ha estudiado a los picas durante 36 años y nunca se cansa de visitarlos en la naturaleza. Estudiar a los picas la ha llevado por todo el mundo y le ha ayudado a conseguir trabajos muy divertidos que han hecho que su carrera sea muy gratificante. Es investigadora asociada en la Universidad de Colorado Boulder e investigadora científica en el Instituto para las Poblaciones de Aves.





ASHLEY WHIPPLE

Ashley es bióloga en el Servicio Geológico de los Estados Unidos, donde investiga cómo el cambio ambiental influye en la vida silvestre y sus hábitats. Le encanta ver y escuchar a los picas, ¡pero se emociona aún más cuando encuentra su excremento! Mientras obtenía su magister en ecología en la Universidad de Colorado Boulder, Ashley recolectó excremento de pica en diferentes hábitats y midió las hormonas del estrés en el excremento para entender si los niveles de estrés varían según la calidad del hábitat. En su tiempo libre, a Ashley le gusta estar al aire libre buscando criaturas interesantes.



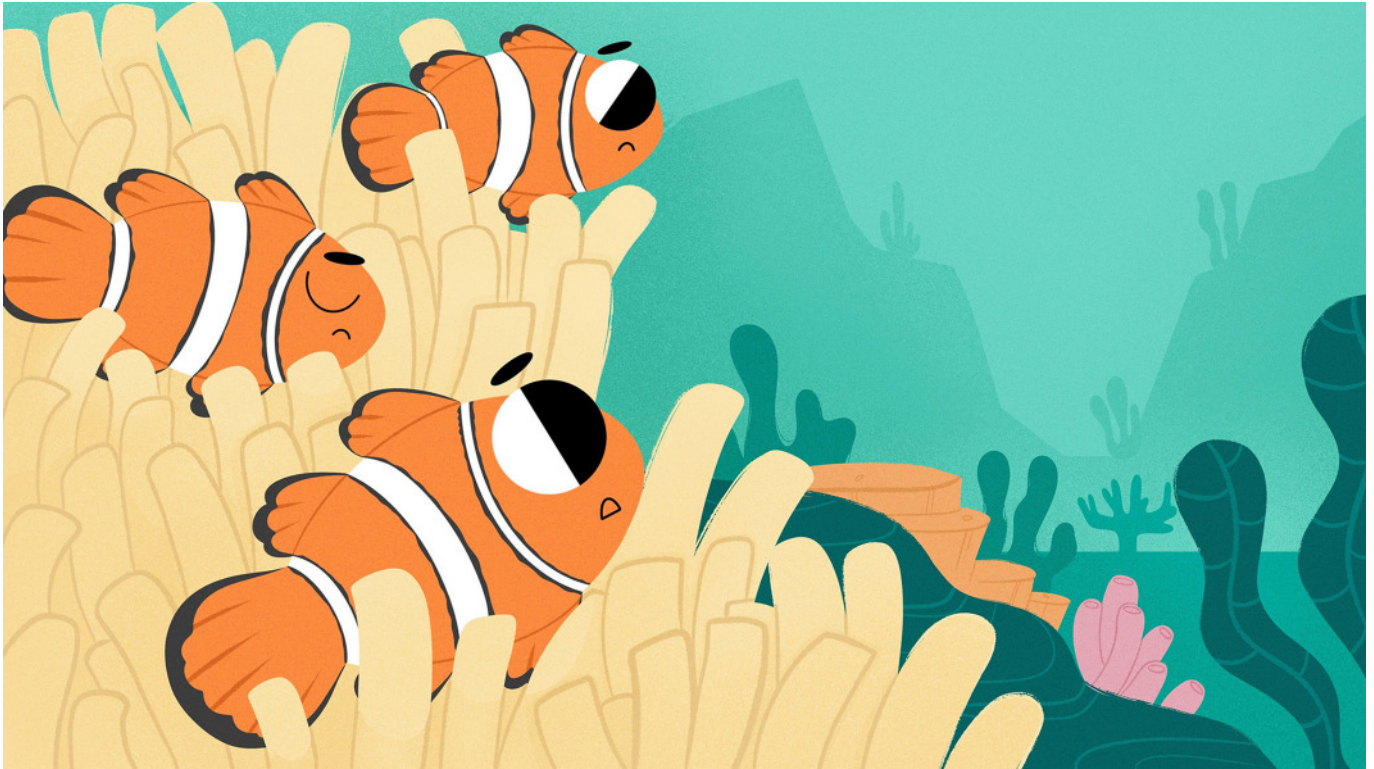
JOHANNA VARNER

Johanna, también conocida por el apodo "Pika Jo", es una bióloga especializada en picas y también enseña biología en la Universidad de Colorado Mesa. Creció en las montañas cerca de Utah, donde le encantaba hacer senderismo y observar animales cuando era niña. Aunque tomó un desvío rápido como ingeniera en la universidad, ahora estudia a los picas para poder pasar mucho tiempo al aire libre en las montañas con los animales. En su tiempo libre, le gusta salir a correr con sus perros. *jvarner@coloradomesa.edu

Spanish version provided by

Versión en español por





CONEXIONES EN EL ARRECIFE: PECES PAYASO, ANÉMONAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Tamar L. Goulet* y Denis Goulet

Departamento de Biología, Universidad de Mississippi, Oxford, MS, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



GEMMA
EDAD: 9



JULIAN
EDAD: 13



ESCUELA
QUEST
MONTESSORI
EIDADES: 8–9

Desde su adorable nombre hasta su papel principal en la película *Buscando a Nemo*, muchas personas encuentran al pez payaso, también llamado pez de anémona, lindo y adorable. Los peces payaso deben vivir en unos animales llamados anémonas de mar para sobrevivir en un arrecife de coral. Por 19 años, seguimos a peces de dos bandas frente a la costa de Israel en el Golfo de Eilat (Aqaba), Mar Rojo. En base a su tamaño, dividimos a los peces en adultos, jóvenes y bebés. En 1997, 195 peces de todas las edades vivían en el mismo sitio. Para 2015, 52 peces, en su mayoría adultos, permanecieron, una caída del 74%. Desde 1997 a 2015, el número de anémonas de mar también cayó de 199 a tan solo 27, y cada una estaba repleta de peces payaso. El cambio climático podría afectar la supervivencia de las anémonas del mar. Sin las anémonas como sus hogares, los peces payaso no pueden existir, lo que genera preocupación sobre su futuro.

EN LA NATURALEZA, LOS PECES PAYASO DEBEN VIVIR EN ANÉMONAS

Cuando juegas el juego de las sillas musicales, hay una silla menos que el número de jugadores. Cuando la música empieza, los jugadores caminan alrededor de las sillas. Cuando la música se detiene, cada jugador se apresura a sentarse en una silla. La persona que queda sin silla es eliminada. Una silla es retirada, y el juego continúa hasta que queda una silla, y una persona sentada en esa silla. Esta persona gana el juego.

Las sillas musicales no sería un juego de eliminación si todos tuvieran su propia silla, o si hubiera más sillas que personas. Los peces payaso deben tener una "silla", una anémona, para sobrevivir en la naturaleza (Figura 1). Mientras haya suficientes anémonas, los peces payaso bebés, jóvenes y adultos, tienen hogares. Si las anémonas mueren como resultado del cambio climático, el número de peces payaso colapsará.

Figura 1

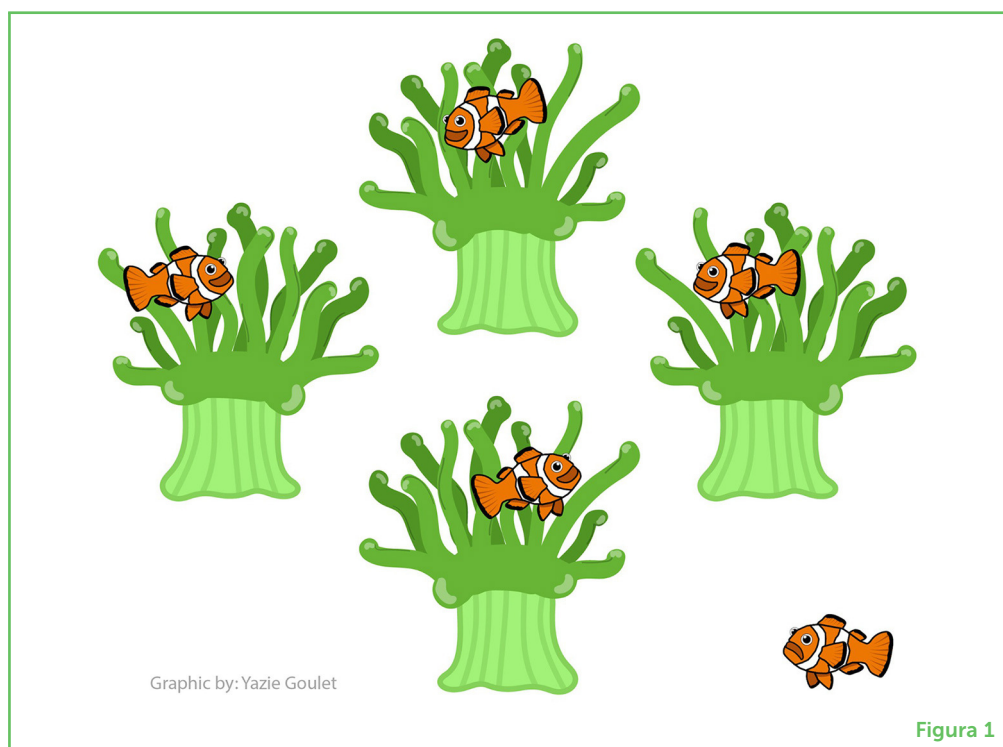
Sillas musicales de los peces payaso. En la naturaleza, los peces payaso no pueden sobrevivir sin una anémona de mar. Al igual que las sillas musicales del juego, cuando no hay suficientes anémonas en un arrecife de coral, los peces payaso bebés no pueden unirse a la comunidad de peces payaso. Los jóvenes y adultos sin anémonas pueden morir.

INVERTEBRADOS

Animales sin espina dorsal (columna vertebral).

FILO

Categoría usada para clasificar organismos. Los humanos, por ejemplo, están en el filo Cordata.



Las anémonas de mar son **invertebrados** que pertenecen al mismo **filo** que los corales y medusas. Las anémonas lucen como un tipo de guante de plástico/látex. Si llenas un guante con agua, los dedos del guante llenos de agua son como los tentáculos de una anémona, excepto que las anémonas tienen varios tentáculos. La única abertura en una anémona está en el medio del "guante". Esta abertura permite que la comida ingrese al cuerpo de la anémona y los desechos salgan. Como los corales, las anémonas tienen algas que viven dentro de ellas, y tanto la anémona como las algas se benefician de esta relación.

SIMBIOSIS

Cuando individuos de diferentes especies viven juntos.

MUTUALISMO

Un tipo de simbiosis en el cual ambos compañeros se benefician de la relación.

SCUBA

Un acrónimo para Aparato de Respiración Subacuática Autónomo por sus siglas en inglés. El equipo SCUBA proporciona el oxígeno necesario para sumergirse y estar a la altura de los peces en el mar.

Figura 2

El pez payaso de dos bandas y los dos tipos de anémonas, la anémona punta de burbuja [parte inferior de (A)] y la anémona de tentáculo largo (B) que los peces payaso de dos bandas llaman hogar en el Golfo de Eilat (fotos por DG).

Cuando individuos de diferentes especies viven juntos de esta manera, se le llama **simbiosis** [1]. Cuando la simbiosis es beneficiosa para ambos individuos, se le llama **mutualismo** [1]. La relación pez payaso-anémona es mutualista. Sin una anémona, el pez payaso no puede sobrevivir en la naturaleza porque serán comidos por predadores. Las anémonas se benefician de los peces payaso creciendo más rápido y sobreviviendo mejor que las anémonas sin peces [2]. El cambio climático puede conducir a condiciones que pueden dañar **los corales** y las anémonas, como también a los organismos que viven dentro del cuerpo del coral/anémona, como por ejemplo las **algas**, los peces que viven en las ramas de los corales, o los peces payaso que viven entre los tentáculos de las anémonas [3, 4].

ESTUDIANDO UNA COMUNIDAD DE PECES PAYASO EN EL MAR ROJO

ace casi 30 años, empezamos a estudiar peces payaso en el Golfo de Eliat, en el Mar Rojo. El pez payaso de dos bandas (Figura 2A) es el único pez payaso encontrado en el Mar Rojo. En el Golfo de Eliat, el pez payaso de dos bandas vive en la anémona de punta burbuja o en la anémona de tentáculo largo (Figura 2B). Para aprender acerca de la comunidad de peces payaso, primero necesitábamos trazar un área del arrecife de coral. Para hacerlo, buceamos con equipo **SCUBA**, colocando cintas de medición en el suelo marino para determinar el largo y ancho del área que íbamos a estudiar. Una vez que teníamos delimitada el área, marcamos la posición de todas las anémonas en el mapa, ya sea que tuviera peces o no, y si los peces eran adultos, jóvenes o bebés. Por los primeros cuatro años de estudio, revisamos la comunidad de peces payaso cada mes, lo que nos permitió responder varias preguntas científicas. Por ejemplo, encontramos que los peces payaso adultos viven principalmente en anémonas punta de burbuja, sobreviviendo mejor que en las anémonas de tentáculo largo [4]. Los bebés, probablemente por su pequeño tamaño, sobreviven igual de bien en ambas especies de anémonas.

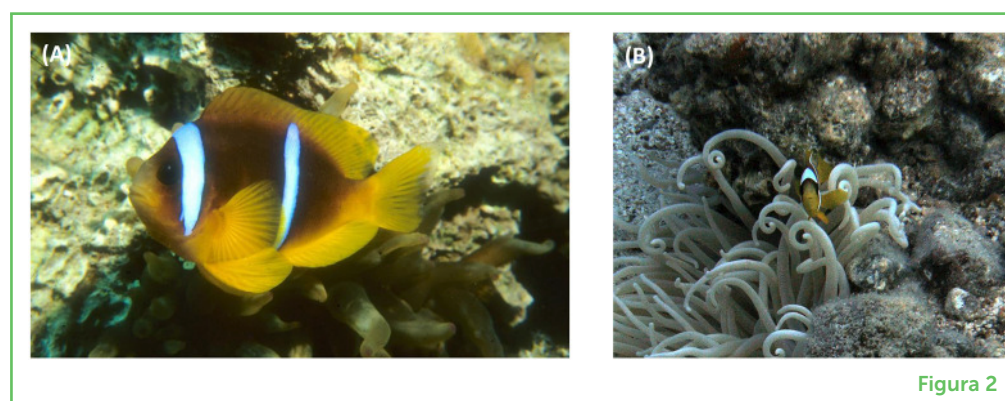


Figura 2

¿CUÁNDO SE UNEN LOS PECES PAYASO BEBÉS A UNA COMUNIDAD?

Los peces payaso bebés nacen de huevos fertilizados que están adheridos cerca del fondo de la anémona de mar donde viven los padres. Dado que los tentáculos de la anémona pican, la ubicación de los huevos proporciona protección. Cuando los bebés nacen, suben al agua de mar, donde las corrientes pueden llevarlos lejos del arrecife de donde provienen, hacia otro arrecife. Los bebés también pueden permanecer en el agua cerca de casa y, eventualmente, encontrar una "silla" de anémona y establecerse en el mismo arrecife. En nuestro estudio, encontramos que los peces payaso bebés se unen a la comunidad de peces payaso principalmente en los meses de octubre, noviembre y diciembre [4], aunque no sabemos si los bebés que se establecieron vinieron de lugares lejanos o de zonas cercanas.

¿CÓMO SE EXTIENDE LA COMUNIDAD DE PECES PAYASO EN EL ARRECIFE?

Contar peces payaso, ponerlos en categorías de edad y contar anémonas de mar en el área de estudio es importante para entender a la comunidad de peces payaso. Pero mirar solo números no cuenta toda la historia. Una cosa que hicimos en nuestro estudio que fue diferente a otros estudios es que también registramos *donde* los peces payaso y las anémonas fueron encontrados en el arrecife. Recolectando esta información, encontramos que los peces payaso adultos no solo protegen a la anémona en la cual viven, sino que también previenen que otros peces payaso vivan en anémonas cercanas [4]. Es como jugar a las sillas musicales pero un jugador sentado en una silla no solo previene que otros jugadores se sienten en su silla, sino también en las sillas vacías más cercanas. Como resultado, incluso si hay sillas vacías (anémonas de mar), los bebés no pueden establecerse en ellas y los jóvenes no pueden trasladarse a ellas sin enfrentarse a los peces payaso adultos. Una pelea que los peces más pequeños podrían perder.

HALLAZGOS DE 20 AÑOS DE OBSERVACIONES

En 1997, 195 peces payaso vivían en 199 anémonas (Figura 3A). La comunidad de 195 peces payaso incluía 52 adultos, 76 jóvenes y 67 bebés (Figura 3B). Un macho y una hembra adultos de pez payaso que viven en la misma anémona se llaman pareja de reproducción (padres). En 1997, de los 52 adultos, 22 formaron 11 parejas reproductoras (Figura 3B) [4]. Para 2009, la situación en el arrecife cambió completamente. Solo había 47 anémonas en el sitio de estudio (Figura 3A) [4]. ¡Eso significa que solo quedaba una cuarta parte de las anémonas de mar! No es sorprendente que, con menos anémonas como hogares, el número de peces payaso también disminuyera,

quedando solo 65 peces, aproximadamente un tercio del número inicial, en el área de estudio (Figura 3B).

Figura 3

(A) Número de anémonas de mar y (B) peces payaso en el sitio de estudio del arrecife de coral en 1997, 2009 y 2015. De 1997 a 2015, el número total de anémonas cayó de 199 a 27. El número total de peces payaso también disminuyó de 195 a 52. Entre 1997 y 2015, quedaban pocos adultos, pero el número de parejas reproductoras disminuyó ligeramente, de 11 a 8. El gran cambio fue en el número de bebés en la comunidad, cayendo de 67 en 1997 a solo 7 en 2015.

Bubble-tip anemone: Anémonas punta de burbuja;
Long-tentacle anemone: Anémonas de tentáculo largo;
Babies: Bebés;
Teens: Adolescentes;
Breeding Pairs: Parejas de reproducción;
Other Adults: Otros adultos.

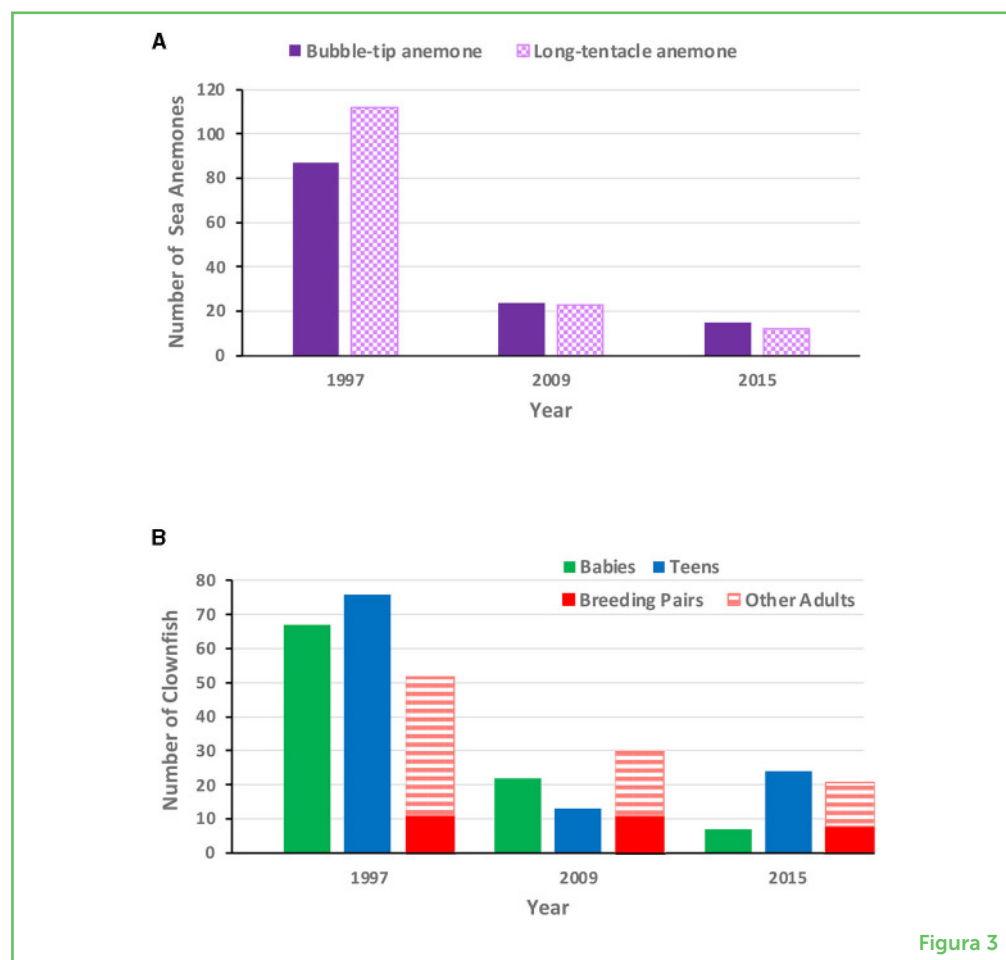


Figura 3

Seis años después, en 2015, quedaban menos anémonas de mar. Solo 27 (Figura 3A). En estas anémonas de mar vivían 52 peces payaso [4]. Así que, el número de anémonas cayó de 47 en 2009 a 27 en 2015, una pérdida de casi la mitad de las anémonas. El número de peces payaso también disminuyó, pero no por mucho, solo 20%, con el número de peces cayendo de 65 a 52 (Figura 3B). Sin la mitad de las “sillas” anémonas de mar, los peces payaso restantes se amontonaron en las pocas anémonas restantes, resultando en un mayor número de peces payaso en cada anémona.

Contar peces payaso provee información importante pero no distingue las edades de los peces en la comunidad. En 1997, los adultos representaban solo una cuarta parte de la comunidad de peces payaso. Eso significaba que los jóvenes y los bebés superaban en número a los payasos adultos (Figura 3B). Para 2009, los adultos eran cerca de la mitad de todos los peces payaso en la pequeña comunidad de peces, a pesar de que el número de parejas reproductoras se mantuvo (Figura 3B). En 2015, los adultos continuaron siendo una

parte más grande de la comunidad, más de lo que eran en la comunidad en 1997 [4].

Lo que fue realmente preocupante fue que, en 2015, había solo 7 bebés en la comunidad (Figura 3B). Con todas las anémonas ocupadas, es posible que los bebés no encuentren una anémona como hogar a la que se puedan mudar. Si hay cada vez menos “sillas” anémonas de mar, y los bebés no se pueden unir a la comunidad de peces payaso, la comunidad de peces eventualmente podría colapsar.

En 2003, el adorable pez payaso animado, Nemo, protagonizó la exitosa película *Buscando a Nemo*. En 2016, la secuela *Buscando a Dory* llegó a los cines. Si la comunidad de peces payaso que seguíamos en el Golfo de Eilar continúa en declive, la tercera película de la serie podría ser *¿Qué es un Nemo?* Esperamos que nuestra investigación nos lleve a un título de película diferente, en la que este adorable mutualismo siga sobreviviendo en los arrecifes de coral.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Fabian Andres Reyes**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Howell, J., Goulet, T. L., Goulet, D. 2016. Anemonefish musical chairs and the plight of the two-band anemonefish, *Amphiprion bicinctus*. *Environ. Biol. Fish.* 99, 873–86. doi: 10.1007/s10641-016-0530-9

REFERENCIAS

1. Goulet, T., and Goulet, D. 2021. Climate change leads to a reduction in symbiotic derived cnidarian biodiversity on coral reefs. *Front. Ecol. Evol.* 9:636279. doi: 10.3389/fevo.2021.636279
2. Holbrook, S. J., Schmitt, R. J. 2005. Growth, reproduction and survival of a tropical sea anemone (Actiniaria): benefits of hosting anemonefish. *Coral Reefs* 24:67–73. doi: 10.1007/s00338-004-0432-8
3. Liberman, T., Genin, A., and Loya, Y. 1995. Effects on growth and reproduction of the coral *Stylophora pistillata* by the mutualistic damselfish *Dascyllus marginatus*. *Mar. Biol.* 121:741–6. doi: 10.1007/BF00349310
4. Howell, J., Goulet, T. L., and Goulet, D. 2016. Anemonefish musical chairs and the plight of the two-band anemonefish, *Amphiprion bicinctus*. *Environ. Biol. Fish.* 99:873–86. doi: 10.1007/s10641-016-0530-9

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: [Shu Qin Sam](#) y [Richard Bell](#)

CITACIÓN: Goulet TL y Goulet D (2025) Conexiones En El Arrecife: Peces Payaso, Anémonas Y Cambio Climático. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2024.1373561-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Goulet TL and Goulet D (2024) Connections on the Reef: Clownfish, Anemones, and Climate Change. Front. Young Minds 12:1373561. doi: 10.3389/frym.2024.1373561

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de interés

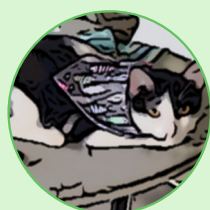
COPYRIGHT © 2024 © 2025 Goulet y Goulet. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



GEMMA, EDAD: 9

Mi asignatura favorita es ciencias y amo casi todo lo relacionado con el océano. Soy una ávida lectora de libros de ciencia, misterio y fantasía. Leo National Geographics Kids y disfruto jugar con su app. También estoy interesada en los libros de Thea y Geronimo Stilton. Tengo un gusto especial por aquellos con bromas y juegos al final o esos en los que tú puedes ayudarlos a resolver el misterio con algunas pistas dadas.



JULIAN, EDAD: 13

Soy Julian. Amo pasar tiempo con mis gatos. Cuando no estoy trabajando duro practicando wushu, disfruto de pescar y jugar videojuegos. Juego tenis de mesa, basquetbol y siempre estoy intentando mejorar mi tiempo en resolver el cubo Rubik. Me gusta explorar acerca del mundo que me rodea y descubrir nuevas cosas.



ESCUELA QUEST MONTESSORI, EDADES: 8–9

Somos la clase de tercer año de la escuela Quest Montessori en Narragansett, Rhode Island. Somos un grupo de niños y niñas de 8 y 9 años, divertidos, amistosos, curiosos e inteligentes que amamos la naturaleza, las aventuras y, ¡especialmente, a los animales marinos! ¡Nuestros temas favoritos son TODO! Puedes vernos divirtiéndonos en educación física, en clases de matemáticas, haciendo proyectos artísticos creativos, jugando en el recreo con amigos e incluso explorando el Océano Atlántico durante las excursiones que realizamos para estudiar la Bahía de

Narragansett juntos. Esperamos que más jóvenes como nosotros se involucren en trabajos científicos geniales como Frontiers para Mentres Jóvenes ¡También tenemos una mascota de clase súper genial llamada Denali, es un gecko crestado y lo AMAMOS!

AUTORES



TAMAR L. GOULET

Soy una profesora de biología, que investiga cómo los problemas ambientales afectan los arrecifes de coral y las criaturas que viven en ellos. También soy una embajadora IF/THEN®. Servimos como modelos a seguir para inspirar a mujeres jóvenes a seguir la carrera que deseen. La idea no es tanto cambiar la mente de las personas, o hacer que las personas quieran ser científicos. Pero muchas chicas, porque no ven modelos a seguir, piensan que no pueden hacerlo. Amo enseñar ciencia a no-científicos, desde la prensa popular hasta dar charlas. Mi objetivo es hacer la ciencia accesible para todos/as. También soy la orgullosa mamá de 5 niños, y mi hija mayor, Yazie, dibujó la [Figura 1](#) en este artículo. *tlgoulet@olemiss.edu



DENIS GOULET

Soy profesor de instrucción y coordinador de laboratorio de la Universidad de Mississippi (UM). También soy especialista en comportamiento animal, estudiando peces de arrecife de coral y viajando por el mundo. Obtuve mi doctorado en la Universidad de Puerto Rico. Luego, di clases en la Universidad del Pacífico en Fiji. Me mudé a Israel, donde investigué peces en Eilat. Regresé a los Estados Unidos, donde trabajé en SUNY Buffalo y en el Instituto Oceanográfico Harbor Branch en Florida. En 2001, me uní al Departamento de Biología en UM. Estoy orgulloso de servir como asesor académico para el capítulo de Gamma Beta Phi Honors Society en UM.

Spanish version provided by

Versión en español por





TORMENTAS DE HIELO: NO SON TAN CHÉVERES COMO PARECEN

Lindsey Rustad^{1*} y Wendy Leuenberger²

¹Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Estación de Investigación del Norte del Servicio Forestal, Durham, NH, Estados Unidos

²Departamento de Biología Integrativa, Ecología, Biología Evolutiva y Programa de Comportamiento, Universidad Estatal de Michigan, East Lansing, MI, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



AYAT

EDAD: 12



CALEB

EDAD: 11



JENDAYI

EDAD: 13



KATHERINE

EDAD: 12

Las tormentas de hielo pueden sonar fascinantes, ¡pero para los bosques, no son tan chéveres como parecen! Las tormentas de hielo ocurren cuando la lluvia helada cubre los árboles, las ramas, y el suelo del bosque con un esmalte brillante y helado. Estas tormentas pueden ser un gran problema porque pueden afectar nuestros bosques y las cosas que nos importan, como la madera, la vida silvestre, y los lugares de recreación. A pesar de esto, no sabemos mucho sobre cómo las tormentas de hielo afectan a los bosques. Científicos del bosque experimental Hubbard Brook, en New Hampshire (Estados Unidos), decidieron aprender más sobre el tema. Ellos utilizaron bombas y mangueras contra incendios para crear tormentas de hielo experimentales en el bosque durante los inviernos de 2016 y 2017. Encontraron que estas tormentas experimentales causaron muchos

daños a corto y largo plazo en los árboles, incluyendo la ruptura de ramitas y ramas. En pocas palabras, las tormentas de hielo no son solo una belleza helada – ¡tienen consecuencias reales para nuestros bosques y las especies que no están acostumbradas al hielo!

¿ALGUNA VEZ HAS VISTO UNA TORMENTA DE HIELO?

Las tormentas de hielo son uno de los fenómenos meteorológicos invernales más bellos y a la vez aterradores. Ocurren cuando la lluvia cae a través de aire helado y se convierte en hielo al golpear árboles, carreteras, líneas eléctricas, o el suelo. Primero, esto crea una capa brillante y resplandeciente, sobre todo, haciéndolo parecer un paraíso invernal. Al inicio de la tormenta, esto suena casi musical, como pequeños cristales tintineando en las copas de los árboles mientras las ramitas cubiertas de hielo se frotan suavemente unas con las otras.

Pero si la tormenta continúa, la belleza puede convertirse en peligro. A medida que el hielo se acumula, puede hacer que superficies como carreteras y senderos se vuelvan resbaladizas. El peso del hielo puede romper líneas eléctricas e interrumpir la electricidad. También puede romper las ramas de los árboles e incluso hacer que árboles enteros se caigan. El aire se llena de sonidos de fuertes crujidos y choques a medida que las ramas e incluso árboles van cayendo.

TORMENTAS DE HIELO Y NUESTRO CLIMA CAMBIANTE

A medida que cambia el clima en nuestro planeta, los científicos creen que las tormentas de hielo podrían ocurrir con mayor frecuencia y tamaño [1, 2]. Los científicos también piensan que lugares donde estas tormentas ocurren con mayor frecuencia – un área llamada el **Cinturón de Tormenta de Hielo**, que se extiende desde el noreste de Texas hasta Nueva Inglaterra – podrían desplazarse hacia el norte. Esto significa que lugares que no han visto muchas tormentas de hielo antes pueden experimentar más en el futuro. Más tormentas de hielo significa más árboles congelados, daños a la propiedad y accidentes debido a las condiciones resbaladizas y la caída de árboles [3].

A pesar de su impacto, no sabemos mucho sobre las tormentas de hielo. Es difícil predecir cuándo y dónde ocurrirá una tormenta de hielo. Y durante una gran tormenta de hielo, incluso los científicos más valientes, deben buscar seguridad y quedarse en sus hogares. La mayor parte de lo que sabemos es basado en la observación de lo que sucede después de una gran tormenta de hielo, como después de la Tormenta de Hielo del Noreste de 1998 [4].

CINTURÓN DE TORMENTA DE HIELO

Un área geográfica desde el noreste de Texas hasta Nueva Inglaterra que ha experimentado muchas tormentas de hielo en el pasado.

MÉTODO CIENTÍFICO

Un proceso para probar ideas y así descubrir hechos sobre el mundo. Implica observar, cuestionar, predecir, experimentar, y concluir.

CREANDO TORMENTAS DE HIELO: UN EXPERIMENTO NOVEDOSO

En New Hampshire (Estados Unidos), algunos científicos tuvieron una idea: en vez de esperar a la siguiente tormenta de hielo, ¡ellos decidieron crear su propio clima invernal helado en un ambiente controlado [5]! Esto les permitió utilizar el **método científico** para entender mejor cómo las tormentas de hielo afectan los ecosistemas boscosos. Ya habían observado el daño causado por tormentas de hielo naturales. Ahora ellos se hicieron preguntas sobre lo que las tormentas les hacen a los bosques, por ejemplo, ¿cómo las diferentes cantidades de acumulación de hielo (la cantidad de hielo que se acumula en las ramas) daña diferentes tipos de árboles? Los científicos también querían saber cuánto le toma al bosque recuperarse del daño causado por estos fenómenos meteorológicos invernales extremos. Formularon hipótesis, hicieron predicciones, y luego se propusieron probar sus predicciones.

BOSQUE EXPERIMENTAL HUBBARD BROOK: UN LABORATORIO AL AIRE LIBRE

Eligieron el bosque experimental Hubbard Brook en New Hampshire para su experimento. El Servicio Forestal del USDA apartó esta área de 7800 acres en el parque nacional "White Mountain" (montaña blanca) como un laboratorio al aire libre en 1955, para estudiar el ciclo del agua. En aquel entonces, los científicos del Servicio Forestal querían saber cómo los bosques en las montañas evitaban que los pueblos y ciudades río abajo se inundaran. Desde entonces, los científicos han estado estudiando los árboles, los arroyos, la vida silvestre, y el clima en este bosque. El bosque tiene años de datos que reportan sus antecedentes, e incluso fue el lugar de una gran tormenta de hielo natural en 1998. ¡Fue perfecto para este nuevo experimento!

HACIENDO EL EXPERIMENTO DE TORMENTAS DE HIELO

En la primavera de 2015, los científicos trabajando en el proyecto establecieron 10 parcelas grandes dentro del bosque experimental Hubbard Brook. Cada parcela media 20 x 30 m, o aproximadamente el tamaño de una cancha de baloncesto. Las parcelas recibirían cinco tratamientos, con dos parcelas replicadas para cada tratamiento. Los tratamientos incluyen: control (0 mm de hielo), ligero (6 mm de hielo), moderado (13 mm de hielo), moderado x2 (13 mm de hielo en dos inviernos consecutivos), y pesado (19 mm de hielo). La acumulación de hielo se mide como el *radio* de hielo en una ramita, por lo que el *diámetro* del hielo sería el doble de esas medidas, ¡o hasta 38 mm de pulgadas de hielo! Las parcelas estaban ubicadas cerca del arroyo Hubbard para poder tener acceso al agua utilizada en el experimento, y junto a una carretera para que los científicos pudieran

llegar fácilmente en motos de nieve y vehículos todo terreno. Durante el verano, tomaron mediciones detalladas del bosque, desde la copa de los árboles hasta la base de las raíces. Esos fueron sus datos de "pretratamiento". Los datos de pretratamiento son muy importantes para que los científicos sepan cómo era el bosque antes de agregar el hielo. Los científicos también practicaron cómo crear las tormentas. ¡Tenían que ser capaces de crear tormentas de hielo perfectas bajo las mejores condiciones del verano para estar preparados para el peor clima del invierno!

Luego esperaron. Ellos necesitaban la noche perfecta, con temperaturas de congelación y sin viento. A mediados de enero de 2016, el clima cooperó y se pusieron a trabajar. Durante cuatro noches, oscuras y frías, un equipo de 40 científicos, trabajando en turnos, utilizó bombas y mangueras contra incendios para rociar agua desde Hubbard Brook hacia arriba y por encima de los árboles (Figuras 1, 2). El agua cayó sobre los árboles como una fina niebla y se congeló al contacto, creando una capa de hielo realista. Los científicos observaron los cambios en el bosque a medida que se formaba el hielo. Las ramas de los árboles se curvaban hacia abajo a medida que el hielo se hacía cada vez más pesado. Todos se emocionaron cuando cayó la primera rama de árbol porque esto demostró que el experimento estaba funcionando. Fue impresionante ver cómo se derrumbaban árboles enteros con grandes cargas de hielo sobre cada rama.

Figura 1

Un científico rociando agua sobre el dosel del bosque para crear una tormenta de hielo experimental.



Figura 1

Trabajando con mucho cuidado, los científicos lograron crear tormentas de hielo de una gran variedad de intensidades, incluyendo las de intensidad leve, moderada y fuerte. Pero eso no fue todo. En

Figura 2

Un científico mirando cómo los equipos crean una tormenta de hielo experimental.



Figura 2

febrero de 2017, ellos regresaron y cubrieron dos de las parcelas de intensidad moderada con otra capa de hielo, para ver que podría pasarle al bosque si fuera impactado por tormentas de hielo moderadas durante dos inviernos seguidos.

OBSERVACIONES Y DESCUBRIMIENTOS

¡Luego, llegó el momento de recolectar los datos (Figura 3)! Primero, los científicos midieron la cantidad de hielo que había en las ramas para asegurarse de que el experimento funcionó. Luego, midieron la cantidad de ramitas y ramas caídas, los cambios en la cantidad de luz que entraba a través del **dosel** dañado, la salud general del bosque, y cómo se recuperaba éste con el tiempo. El experimento reveló algunas ideas interesantes.

El experimento funcionó

Mediciones cuidadosas del hielo en el bosque mostraron que los científicos recrearon exitosamente tormentas de hielo ligeras, moderadas, y fuertes.

Los árboles son resistentes, pero todos tienen un punto de ruptura

El experimento demostró que una capa de hielo ligera causó daños mínimos, pero una capa moderada o intensa provocó la ruptura de muchas ramas e incluso la caída de árboles. Algunos árboles, debido a las propiedades de su madera, eran más propensos a romperse que otros. Por ejemplo, las ramas de los **árboles caducifolios** de

DOSEL

La capa superior de un bosque, donde se encuentran las hojas y las ramas de los árboles. Forma el "techo" del bosque.

ARBOLES CADUCIFOLIOS

Árboles de hoja ancha que pierden sus hojas cada año.

Figura 3

La científica y coautora, Wendy Leuenberger, midiendo la acumulación de hielo después de que se creara la tormenta de hielo experimental.



Figura 3

ÁRBOLES CONÍFEROS

Árboles con hojas en forma de aguja que forman conos. Los árboles son resistentes, pero todos tienen un punto de ruptura.

hojas anchas, como los arces rojos, se rompían con frecuencia. Pero las ramas de los **árboles coníferos**, como la picea roja, tenían más probabilidades de doblarse y romperse. Las ramas en estos árboles se curvaban hacia abajo en dirección a los troncos como paraguas plegados bajo el hielo. Volvían a levantarse cuando el hielo se derretía.

Mucha madera se movió de los Árboles al suelo

Una de las cosas más notables después de una tormenta de hielo es la cantidad de madera en el suelo. En este experimento, la cantidad de madera cayendo al suelo en 2016 fue 55 g/m^2 en las parcelas de control donde no había hielo, y 183, 420, y 1660 g/m^2 en las parcelas de tratamiento ligero, moderado, e intenso respectivamente. Los científicos también compararon estos números con la cantidad promedio de madera que cae al suelo del bosque Hubbard Brook en un año típico. Esta comparación mostró que una sola tormenta de hielo de intensidad moderada podría romper la misma cantidad de ramas (> 1 pulgada de diámetro) que las que caen en un año típico. Por otro lado, una tormenta de hielo intensa podría romper casi 5 veces la cantidad de ramas que caerían en un año típico.

Una tormenta de hielo es mala, pero dos tormentas de hielo son peores

Dos de las parcelas en donde se aplicó el tratamiento de intensidad moderada (el tratamiento moderado x2) se congelaron dos veces: una en 2016 y otra en 2017. La cantidad de ramas que cayeron en

el segundo año de formación de hielo fue dos veces mayor que la que cayó en el primer año. Esto sugiere que algunas ramas que se dañaron en la tormenta del primer año permanecieron en los árboles pero cayeron al suelo durante el segundo año.

La pérdida de ramas deja entrar más luz al bosque

En los tratamientos de hielo moderado y fuerte, la pérdida de ramas y copas de árboles crearon espacios en el dosel del bosque que dejaron entrar de dos a tres veces más luz al bosque en comparación con las parcelas sin hielo o los datos colectados previo al tratamiento.

Los daños en la copa de los árboles empeoran con el tiempo

Los daños a los árboles no ocurrieron solo durante o inmediatamente después de la tormenta, pero progresaron a través del tiempo, especialmente para los tratamientos de tormentas de hielo moderada y severa. Por ejemplo, algunos árboles pasaron de estar sanos a debilitados, y otros pasaron de estar debilitados a morir por completo en el transcurso de un par de años. Los científicos tendrán que continuar con el monitoreo de estos árboles para poder ver qué les sucede en el transcurso de periodos más prolongados de tiempo.

FOTOSÍNTESIS

El proceso mediante el cual las plantas utilizan la luz solar, el agua, y el dióxido de carbono para producir su propio alimento y liberar oxígeno.

CAMBIO CLIMÁTICO

Es el cambio a largo plazo de los patrones climáticos y las temperaturas en la Tierra, causado en gran medida por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques.

PORQUÉ ES IMPORTANTE ESTA INVESTIGACION

Los bosques no solo son lugares hermosos, sino que también son esenciales para la salud del planeta. Ellos proporcionan aire limpio, agua, madera, fuentes de alimentos como nueces y jarabe de arce, hogares para los animales, y lugares para explorar y jugar. También son importantes para absorber el dióxido de carbono a través del proceso de **fotosíntesis**, que ayuda a almacenar carbono en el tejido vegetal y disminuye el impacto del **cambio climático** global. El saber cómo las tormentas de hielo afectan nuestros bosques nos ayuda a cuidar mejor estos lugares tan importantes. Esto también ayuda a las personas a estar más preparadas para enfrentar los climas helados del invierno.

CONCLUSIONES

Gracias al experimento "Hubbard Brook Ice Storm", los científicos han aprendido mucho sobre cómo las tormentas de hielo afectan los bosques. Continuarán estudiando estas parcelas boscosas durante las próximas décadas, para ver cuánto tiempo tardan los árboles en recuperarse completamente de sus tratamientos con hielo. También esperarán para ver si el hielo hace que los árboles sean más propensos a sufrir daños, por factores como plagas de insectos o incendios. Solo el tiempo (y más investigaciones) lo dirán.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Servicio Forestal del USDA y un premio de la Dirección de Ciencias Biológicas de la Fundación Nacional de Ciencias con el número 1457675 (NSF DEB 1457675). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de las personas para la publicación de cualquier imagen o dato identificable incluido en este artículo.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Claudia Garnica Diaz** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTICULO

Rustad, L. E., Campbell, J. L., Driscoll, C. T., Fahey, T. J., Groffman, P. M., Schaberg, P. G., et al. 2020. Experimental approach and initial forest response to a simulated ice storm experiment in a northern hardwood forest. *PLoS ONE* 15:e0239619. doi: 10.1371/journal.pone.0239619

REFERENCIAS

1. Cheng, C. S., Li, G., and Auld, H. 2011. Possible impacts of climate change on freezing rain using downscaled future climate scenarios: updated for eastern Canada. *Atmosphere-Ocean* 49:8–21. doi: 10.1080/07055900.2011.555728
2. Swaminathan, R., Sridharan, M., and Hayhoe, K. 2018. A computational framework for modelling and analyzing ice storms. *arXiv e-prints*. doi: 10.48550/arXiv.1805.04907
3. Irland, L. C. 2000. Ice storms and forest impacts. *Sci. Tot. Environ.* 262:231–42. doi: 10.1016/s0048-9697(00)00525-8
4. Rhoads, A. G., Hamburg, S. P., Fahey, T. J., Siccama, T. G., Hane, E. N., Battles, J., et al. 2002. Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest. *Can. J. For. Res.* 32:1763–75. doi: 10.1139/x02-089
5. Rustad, L. E., Campbell, J. L., Driscoll, C. T., Fahey, T. J., Groffman, P. M., Schaberg, P. G., et al. 2020. Experimental approach and initial forest response to a simulated ice storm experiment in a northern hardwood forest. *PLoS ONE* 15:e0239619. doi: 10.1371/journal.pone.0239619

EDITOR: **Wendy Bohon**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Tahir Ali** y **Stephanie Nebel**

CITACIÓN: Rustad L y Leuenberger W (2025) Tormentas de hielo: No son tan chéveres como parecen. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1371125-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Rustad L and Leuenberger W (2024)

Ice Storms: Not as Cool as They Seem. *Front. Young Minds* 12:1371125.

doi: 10.3389/frym.2024.1371125

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Rustad y Leuenberger. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



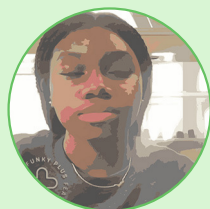
AYAT, EDAD: 12

Tengo 12 años y soy estudiante de primaria. Me encanta dibujar, pintar, jugar ajedrez, y leer libros. Mis libros favoritos incluyen "Amari" y "Los magos de Paris", y todo lo relacionado con libros de fantasía. Me gusta la naturaleza, el ciclismo, jugar bádminton, y frecuentemente salgo de excursión para observar la belleza de la naturaleza, tomar notas y hacer bocetos en mi cuaderno.



CALEB, EDAD: 11

Caleb disfruta todo lo relacionado con la ciencia, los animales, la lectura, explorar el aire libre, tocar el violín y practicar curling. Cuando crezca, Caleb quiere ser arquitecto y centrarse en edificios amigables con el medio ambiente y orientados a los animales. Ha probado cuatro deportes y siempre está dispuesto a probar algo nuevo. Las comidas favoritas de Caleb son los macarrones con queso o la lasaña. Él disfruta viajar y le gustaría ir a una reserva de animales.



JENDAYI, EDAD: 13

¡Hola! Soy Jendayi!. Toco el oboe y un poco de piano. Me gusta salir con mi mejor amiga, Kat. Normalmente caminamos por mi ciudad y comemos helado juntas. Cuando crezca, quiero ser terapeuta infantil. Siento que es importante ser terapeuta de niños porque los niños también deben tener la capacidad de ser escuchados por los adultos. Mis clases favoritas en el colegio son ciencias e inglés. Esas son mis clases favoritas porque me encanta conversar y encontrar cosas nuevas con evidencia.



KATHERINE, EDAD: 12

¡Hola, mi nombre es Katherine! Mis amigos me dicen Kat o Kathy. Me gusta tocar el violonchelo y el piano. Lo que más me gusta hacer en mi tiempo libre es salir con mi mejor amiga, Jen, y dibujar. Cuando crezca, quiero ser veterinaria porque me gustan

los animales, así que tendré muchos perros y gatos. Mi clase favorita en el colegio es inglés porque me gusta leer y discutir distintos temas con mis compañeros.

AUTORES



LINDSEY RUSTAD

Lindsey Rustad es una investigadora “senior”, ecóloga, en la Estación de Investigación del Norte del Servicio Forestal del USDA, y directora interina del Centro Climático del Noreste del USDA. Recibió su pregrado en filosofía de la Universidad de Cornell en 1980, una maestría en Ciencias Forestales de la Escuela de Medio Ambiente de Yale en 1983, y un doctorado en Ciencias Vegetales de la Universidad de Maine en 1988. Ella es miembro de la Sociedad de Ciencia del Suelo de América y ha recibido numerosos premios del USDA por sus logros científicos. Sus áreas de experticia incluyen la biogeoquímica, los impactos del cambio climático, y la integración del arte y la ciencia. *lindsey.rustad@usda.gov



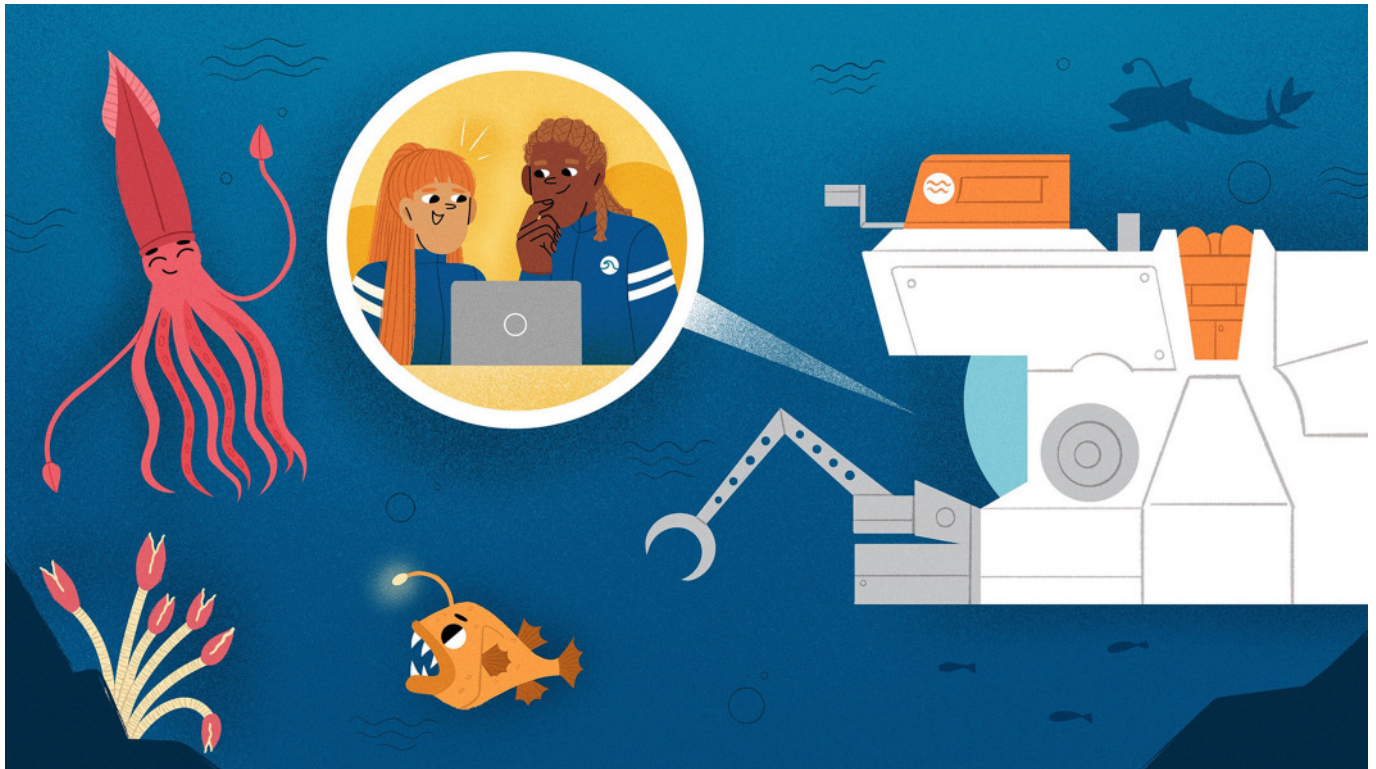
WENDY LEUENBERGER

Wendy Leuenberger es una candidata doctoral en Biología y Ecología, Evolución, y Comportamiento en la Universidad Estatal de Michigan. Recibió su pregrado en Biología de la Universidad de Indiana de Pensilvania en 2014, y una maestría en Ecología y Manejo de vida silvestre de la Facultad de Ciencias Ambientales y Silvicultura – SUNY – en 2017. Utiliza la estadística para comprender los efectos del cambio ambiental en las poblaciones y comunidades de vida silvestre. Sus áreas de experticia incluyen la ecología cuantitativa, las aves, las mariposas, las salamandras, y la enseñanza de estadística para ecólogos.

Spanish version provided by

Versión en español por





CÓMO EXPLORAN LOS CIENTÍFICOS EL FONDO MARINO

Katherine L. C. Bell*, Jessica A. Sandoval y Brian R. C. Kennedy

Ocean Discovery League, Saundertown, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



CAMDEN

EDAD: 13



**CIENTÍFICOS
DE 6TO
GRADO
DEL
COLEGIO
SEA CREST**

EDADES: 11–12

De los 200 a casi 11,000 m (aproximadamente 600–33,000 pies) por debajo del nivel del mar y cubriendo dos tercios de nuestro planeta, el fondo oceánico es el hábitat más grande—y más crítico—de la Tierra. El fondo oceánico es muy importante para las personas por muchas razones. Por ejemplo, proporciona alimentos que consumimos, equilibra el clima de la Tierra y es un espacio salvaje y desconocido para que las personas disfruten y exploren. A pesar de su importancia, el fondo oceánico es el área menos explorada de nuestro planeta porque es demasiado grande, profundo, oscuro, frío y salado. Los investigadores necesitan usar herramientas especiales como barcos y robots submarinos para crear mapas, hacer nuevos descubrimientos y comprender cómo funciona el océano y cómo afecta a las personas y al planeta.

FUENTES HIDROTERMALES

Lugares donde el agua sube a través de grietas en el fondo marino después de haber sido calentada y enriquecida con metales y otros químicos por el magma bajo el lecho marino.

BIOLUMINISCENTES

Palabra para describir a aquellos seres vivos que emiten luz.

INTRODUCCIÓN

El océano profundo es la parte del océano que va desde los 200 m por debajo de la superficie hasta más de 10,000 m de profundidad (aproximadamente 650–33,000 pies) y cubre dos tercios de la superficie de la Tierra. El fondo oceánico es importante por muchas razones. Proporciona alimentos para las personas; sustenta el plancton, que **produce el oxígeno que respiramos; equilibra el clima de la Tierra**; y es un espacio salvaje y desconocido para que las personas disfruten y exploren. El fondo oceánico está lleno de vida asombrosa que los investigadores apenas están empezando a descubrir y estudiar, como los **mejillones que viven de las aguas extremadamente calientes y ricas en químicos** de las **fuentes hidrotermales**, animales **bioluminiscentes** que brillan en la oscuridad, y **bacterias que pueden proteger a las esponjas marinas** de la contaminación. El fondo marino es un entorno muy activo donde los científicos encuentran y estudian volcanes, terremotos, deslizamientos de tierra y **otros peligros que pueden afectar a los habitantes del océano y a las personas en la tierra**. El fondo oceánico también alberga muchos artefactos históricos y culturales, como naufragios, que contienen pistas sobre la historia humana.

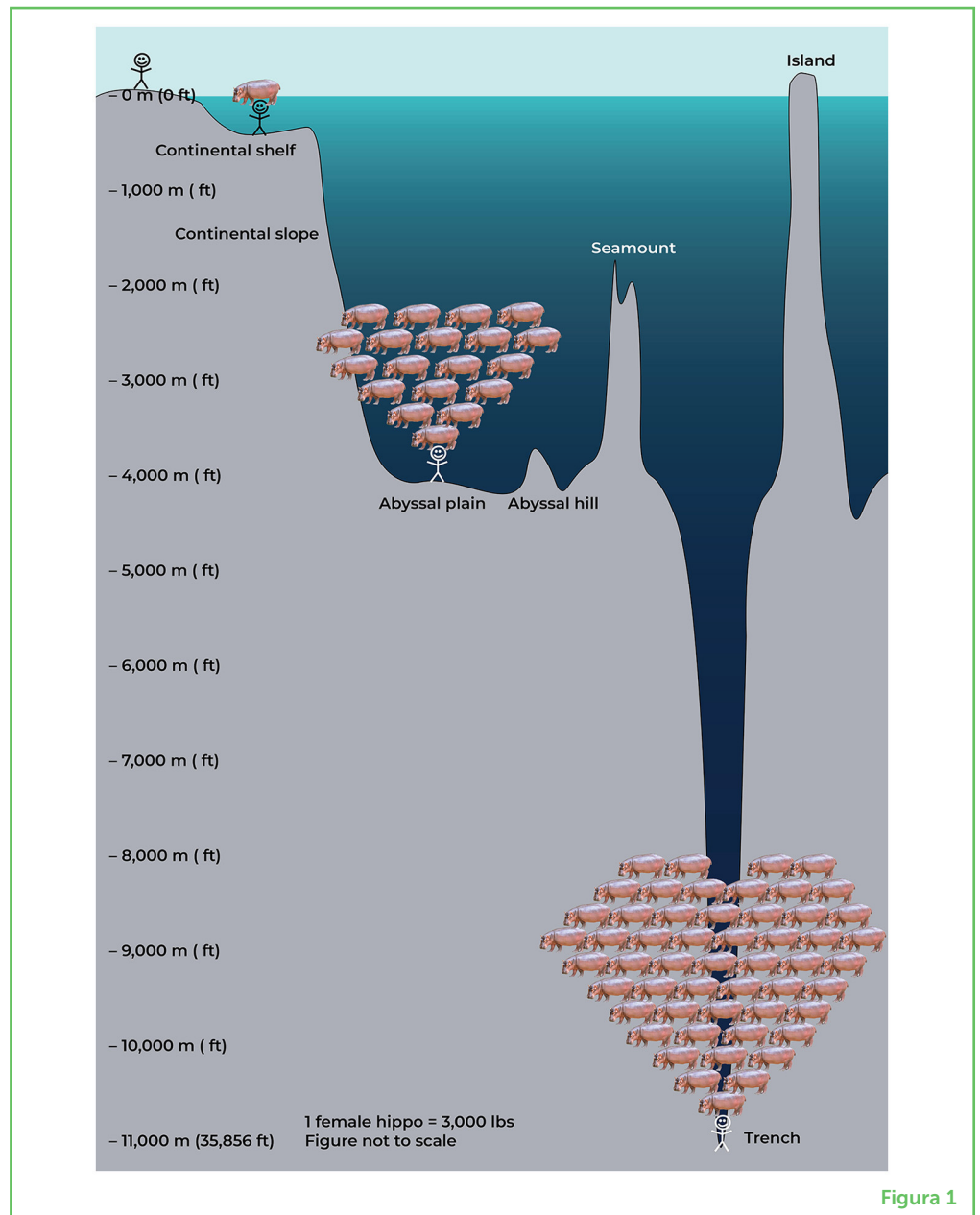
Aunque el océano profundo es muy importante, este enorme volumen de agua es el espacio menos explorado de nuestro planeta porque es muy difícil y costoso de estudiar. Algunos de los desafíos para estudiar el fondo marino profundo son:

- El océano profundo es, por supuesto, ¡profundo! La presión del agua puede aplastar cualquier cosa que descienda a grandes profundidades (**Figura 1**).
- La luz del sol no puede viajar más allá de unos 200 m de agua, por lo que el fondo oceánico es muy oscuro. Los investigadores necesitan llevar luces para iluminar el fondo marino. Aun así, no pueden ver muy lejos—es como usar una linterna en una tormenta de nieve por la noche.
- La mayor parte del agua en el fondo del océano está casi congelada (alrededor de 4°C/39°F), pero en algunos lugares puede alcanzar cientos de grados, como cerca de los volcanes y las fuentes hidrotermales. Los científicos deben usar materiales especiales para que sus herramientas no se congelen, quemen o derritan.
- **El agua del océano contiene sal y otros minerales** que pueden hacer que algunos metales se oxiden.
- El océano es muy grande. Muchos buques de investigación solo pueden viajar entre 11–14 mph o 17–22 kph más lento que conducir en un vecindario. Se necesita mucho tiempo para viajar hacia y desde áreas remotas.
- Las herramientas necesarias para explorar y estudiar el fondo marino profundo pueden costar mucho—incluso millones de

dólares. Muchos científicos no pueden permitirse comprar y mantener estas herramientas.

Figura 1

Podemos comparar la presión del agua con lo que se sentiría si tuvieras hipopótamos parados sobre tu cabeza. No hay presión de agua en tierra, por lo que se sentiría como si no hubiera hipopótamos sobre tu cabeza. A una profundidad de 200 m, se sentiría como si un hipopótamo estuviera parado sobre tu cabeza. A 4,000 m (la profundidad promedio del océano), se sentiría como si 19 hipopótamos estuvieran sobre tu cabeza. En las fosas oceánicas más profundas (~11,000 m), se sentiría como si 53 hipopótamos estuvieran parados sobre tu cabeza. Para explorar el océano a esta profundidad, el equipo debe estar especialmente diseñado para soportar esta presión aplastante.



OCEANÓGRAFOS

Científicos que estudian el océano.

Debido a estos desafíos, los **oceanógrafos** necesitan inventar y utilizar muchos tipos de herramientas especializadas, como buques de investigación y robots submarinos, para crear mapas del fondo marino y hacer nuevos descubrimientos, de modo que puedan comprender y **proteger el ambiente del fondo marino**.

RECOLECCIÓN DE DATOS DEL FONDO OCEÁNICO

Cuando se preparan para explorar una nueva parte del océano, los oceanógrafos deben recopilar toda la información posible sobre ese

BATIMÉTRICO

“Bati” significa profundo y “métrico” significa medida, por lo que este término se refiere a la medición de la profundidad del fondo marino.

Figura 2

(A) Un barco viaja de un lado a otro, como una cortadora de césped, para recopilar datos de mapeo con una **ecosonda multihaz**. (B) Landers como el Sistema de Cámaras de Aguas Profundas de National Geographic se han utilizado para estudiar la biodiversidad en todo el mundo [1]. (C) Los flotadores Deep Argo son drifters que miden la temperatura y salinidad en los océanos de todo el mundo [2]. (D) El ROV Deep Discoverer ilumina rocas cubiertas de corales bambú en el océano Atlántico Norte (© NOAA Ocean Exploration). (E) El AUV *Boaty McBoatface* está en la cubierta después de recolectar datos climáticos importantes de las profundidades marinas en el océano Austral (© Pövl Abrahamsen, British Antarctic Survey) [3] (F) Los científicos utilizaron el HOV *Alvin* para estudiar los impactos del derrame de petróleo de 2010 en los corales de aguas profundas en el Golfo de México (© ECOGIG).

lugar. Primero, van a la biblioteca o utilizan internet para encontrar y leer tanto como puedan sobre el área y descubrir si se ha realizado algún trabajo allí anteriormente.

Esto puede incluir leer publicaciones, hablar con personas que viven en la zona, encontrar mapas o aprender sobre los patrones climáticos locales. También investigan los mejores tipos de herramientas para usar en el área y la profundidad que planean explorar. Una vez que han recopilado toda la información posible, se reúnen con el barco y se dirigen al mar.

Mapeo del fondo marino

El siguiente paso es hacer un buen mapa de la nueva área. La mejor herramienta que los oceanógrafos tienen hoy en día es una ecosonda multihaz, que se coloca en la parte inferior de un barco o vehículo submarino y utiliza el **sonido para medir la profundidad del fondo marino** (Figura 2A). Una ecosonda multihaz envía una línea de señales, o “pings”, a través del agua. Registramos el tiempo que tardan las señales en rebotar en el fondo marino y regresar a la ecosonda, luego calculamos la profundidad del agua utilizando ese tiempo y la velocidad del sonido en el agua (1,500 m/s). Al enviar una línea de pings mientras el barco o vehículo se desplaza por el agua, podemos crear un mapa **batimétrico** del fondo marino.

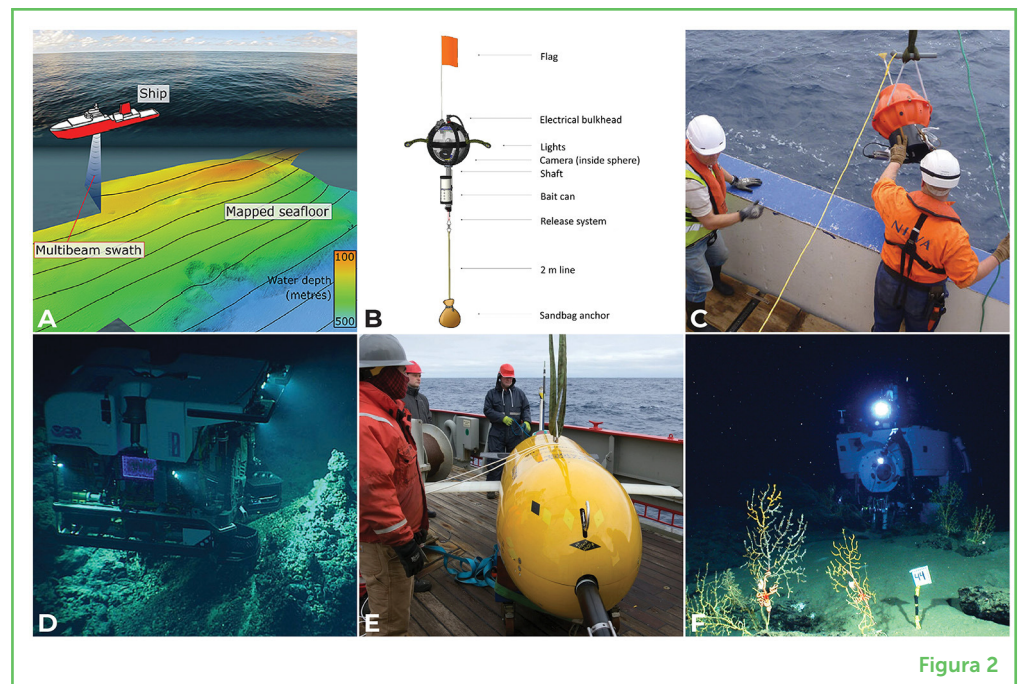


Figura 2

Algunas ecosondas multihaz también pueden indicar si el fondo marino es blando o duro, o si hay burbujas (¡o incluso peces!) en el agua. Toda esta información ayuda a los científicos a comprender más sobre una nueva área y les permite planificar lo que quieren hacer a continuación. Por ejemplo, si los datos de la ecosonda multihaz

VEHÍCULOS DE INMERSIÓN PROFUNDA

Vehículos submarinos robóticos que se utilizan para explorar y estudiar el océano.

muestran que el fondo marino tiene forma de cono, con lados duros y burbujas saliendo del centro, ¿podría tratarse de un nuevo descubrimiento de un volcán submarino! Sin embargo, necesitamos otras herramientas para observar directamente lo que creemos que hay allí.

Herramientas para Observaciones Visuales

Para verificar sus nuevos mapas y hacer observaciones directas del fondo marino, los oceanógrafos pueden utilizar diferentes tipos de **vehículos de inmersión profunda** (VIPs; [Figura 2](#)). Algunas de estas herramientas incluyen:

- **Landers:** los landers son vehículos submarinos que se sueltan en el fondo marino, recolectan información y luego suben de nuevo a la superficie ([Figura 2B](#)) [1]. Los landers pueden ser pequeños, económicos y fáciles de desplegar, pero solo pueden “ver” un punto en el fondo marino a la vez.
- **Drifters y gliders:** estos vehículos submarinos pueden derivar o planear a cierta distancia sobre el fondo marino ([Figura 2C](#)). Los drifters recolectan datos durante un tiempo determinado o a lo largo de una cierta distancia, luego suben a la superficie para que un científico los recoja. Los gliders pueden ser pequeños o grandes, y son más caros de comprar y utilizar que los landers, pero pueden “ver” más del fondo marino.
 - Vehículos operados remotamente (VORs): los VORs son vehículos robóticos con un cable (también llamado “umbilical”) que los conecta a la superficie ([Figura 2D](#)). Son dirigidos o “piloteados” por operadores de VOR desde un barco. Las personas en el barco pueden ver los datos en “tiempo real”—mientras el VOR recolecta la información. Los VORs de aguas profundas necesitan un barco grande para su despliegue, y son costosos de comprar y operar. Como no hay personas dentro del VOR y es alimentado por el barco, puede permanecer en el fondo marino durante días.
 - Vehículos submarinos autónomos (VSAs): los VSAs son vehículos robóticos programados para realizar una misión en una determinada área ([Figura 2E](#)). Los VSAs no tienen un cable que los conecte al barco, por lo que pueden cubrir más área que otros tipos de vehículos, pero los científicos no pueden ver los datos en tiempo real. Los VSAs de aguas profundas pueden ser desplegados desde un barco o desde la costa, y pueden operar durante varios días. Los VSAs grandes pueden ser costosos de comprar y operar.
 - Vehículos ocupados por humanos (VOHs): los VOHs son submarinos con uno a tres científicos e ingenieros a bordo, y no tienen un cable que los conecte al barco ([Figura 2F](#)). Debido a que tienen humanos a bordo, las misiones en VOH no duran más de unas pocas horas. Los VOHs necesitan un barco grande para su despliegue, y son muy costosos de comprar y operar.

SENSORES

Dispositivos que se utilizan para medir y registrar información sobre el entorno, como la temperatura o la profundidad.

Figura 3

Miles de nuevas criaturas fueron descubiertas en la zona Clarion-Clipperton, incluyendo (A) una ardilla gomosa, un tipo de pepino de mar que puede medir entre 15–30 cm de largo, y (B) una nueva especie de anemona, de aproximadamente 10 cm de ancho. Estos animales están en riesgo debido a la minería en el fondo marino. (© NOAA Ocean Exploration & Smartex Project/NERC). (C) Los restos del HMS Endurance fueron encontrados 107 años después de su naufragio. (© Falklands Maritime Heritage Trust & National Geographic). (D) La coautora Katy Croff Bell co-lideró el equipo que descubrió un nuevo hábitat en el costado de un volcán submarino en el mar Caribe. Se descubrieron algunos de los mejillones más grandes conocidos en el mundo, de más de 34 cm de largo. (© Nautilus Live).

Todos los tipos de vehículos de inmersión profunda (VIPs) pueden tener diversos **sensores** para recopilar diferentes tipos de datos o información sobre el entorno. Los tipos de datos más comunes que se recolectan en el fondo marino son videos y fotos, así como mediciones de profundidad, temperatura y salinidad. Los VORs y VOHs también pueden tener brazos robóticos para recolectar muestras de rocas o seres vivos del fondo marino.

DESCUBRIMIENTOS EN EL FONDO OCEÁNICO

Los datos recopilados por barcos y vehículos submarinos se utilizan para hacer nuevos descubrimientos sobre los océanos de la Tierra (Figura 3). Por ejemplo, se descubrieron más de 5,000 nuevas especies de aguas profundas en la Zona Clarion-Clipperton, que se extiende por 4,500 millas desde el sur de Hawái hasta casi México, en el océano Pacífico (Figuras 3A, B) [4]. Estos animales podrían estar amenazados por la minería en aguas profundas. Otro ejemplo es el famoso HMS Endurance, descubierto en 2022 en los mares helados de la Antártida (Figura 3C). El barco quedó atrapado y fue aplastado por el hielo marino (¡increíblemente, toda la tripulación sobrevivió!), y es una historia importante en la exploración polar. Otro descubrimiento en aguas profundas involucró el hallazgo de un nuevo hábitat creado por un deslizamiento en la pendiente del volcán submarino Kick'em Jenny, frente a la costa de Granada en el sureste del mar Caribe (Figura 3D) [5]. Este hábitat contenía los mejillones más grandes del mundo, que viven del agua rica en químicos que emana del fondo marino.

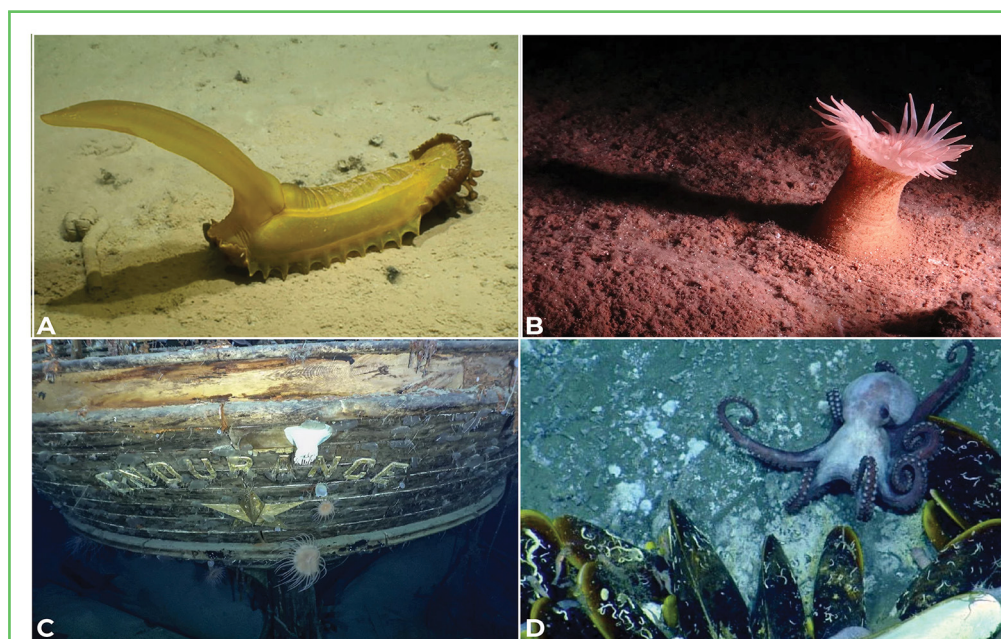


Figura 3

FUTURO DE LA EXPLORACIÓN EN AGUAS PROFUNDAS

Debido al tamaño vasto del fondo oceánico, sus numerosos desafíos y el alto costo de la exploración en aguas profundas, los oceanógrafos han explorado menos del 0.002% del fondo marino en los últimos 60 años. Si continuamos a ese ritmo, ¡tomará más de un millón de años ver todo el fondo marino! El mundo necesita inventores y exploradores que ayuden a construir más herramientas que puedan cubrir una mayor área, que sean más fáciles de usar y menos costosas, para que los científicos puedan descubrir y proteger más rápidamente los sorprendentes misterios del fondo oceánico.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a María José Román (Chile) por su tiempo y experiencia en la traducción de este artículo para jóvenes hispanohablantes en todo el mundo.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **María José Román** (Chile), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

REFERENCIAS

1. Giddens, J., Turchik, A., Goodell, W., Rodriguez, M., and Delaney, D. 2021. The National Geographic Society deep-sea camera system: a low-cost remote video survey instrument to advance biodiversity observation in the deep ocean. *Front. Mar. Sci.* 7:601411. doi: 10.3389/fmars.2020.601411
2. Johnson, G., and Lyman, J. 2014. Where's the heat? *Nat. Clim Change* 4:956–7. doi: 10.1038/nclimate2409
3. Kennedy, M. 2019. *Boaty McBoatface, Internet-Adored Sub, Makes Deep-Sea Discovery on Climate Change*. NPR. Available online at: <https://www.npr.org/2019/06/18/733759839/boaty-mcboatface-internet-adored-sub-makes-deep-sea-discovery-on-climate-change>
4. Rabone, M., Wiehase, J. H., Simon-Lledó, E., Emery, A. M., Jones, D. O. B., Dahlgren, T. G., et al. 2023. How many metazoan species live in the world's largest mineral exploration region? *Curr. Biol.* 33:2383–96.e5. doi: 10.1016/j.cub.2023.04.052
5. Carey, S. N., Ballard, R., Bell, K. L. C., Bell, R. J., Connally, P., Dondin, F., et al. 2014. Cold seeps associated with a submarine debris avalanche deposit at Kick'em Jenny volcano, Grenada (Lesser Antilles). *Deep-Sea Res.* 93:156–60. doi: 10.1016/j.dsr.2014.08.002

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: Melinda Shimizu y Valerie Kern

CITACIÓN: Bell KLC, Sandoval JA y Kennedy BRC (2025)

Cómo exploran los científicos el fondo marino. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1392048-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Bell KLC, Sandoval JA and Kennedy BRC (2024)

How Do Scientists Explore the Deep Seafloor? *Front. Young Minds* 12:1392048. doi: 10.3389/frym.2024.1392048

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Bell, Sandoval y Kennedy. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES

CAMDEN, EDAD: 13

A Camden le gusta esquiar, correr y escalar todo lo que puede. Toca percusión en una banda y juega videojuegos en casa. Planea obtener su certificación de buceo y realizar una aventura de buceo en un bosque de algas para su cumpleaños número 16.



CIENTÍFICOS DE SEXTO GRADO DE LA ESCUELA SEA CREST, EDADES: 11–12

Nuestro grupo es “Científicos de Sexto Grado de la Escuela Sea Crest” e incluye a Oliver (12), Mackey (11), Rowan (11), Malina (11), Daphne (12), Stella (11), Leena (12) y Abigail (12). Somos un grupo curioso de estudiantes de ciencias de sexto grado que viven en la costa de California. Aunque todos tenemos intereses individuales, estamos unidos por una pasión compartida por el cuidado del medio ambiente y, en todo lo que hacemos, estamos decididos a “dejarlo mejor de lo que lo encontramos”: el mantra de nuestra escuela.



AUTORES

KATHERINE L. C. BELL

La Dra. Katy Croff Bell es una exploradora de las profundidades marinas que está desarrollando nuevas formas de comprender mejor el océano y hacerlo más accesible para todos en el mundo. Es la fundadora y presidenta de la Ocean Discovery League y una Exploradora de National Geographic. Katy obtuvo su



licenciatura en ingeniería oceánica en el MIT, un magister en arqueología marítima en la Universidad de Southampton y su doctorado en oceanografía geológica en la Universidad de Rhode Island. Ha dirigido más de 40 expediciones en todo el mundo y ha descubierto docenas de naufragios antiguos, nuevos organismos y ecosistemas. Katy es embajadora de IF/THEN AAAS. *croff@alum.mit.edu



JESSICA A. SANDOVAL

La Dra. Jessica Sandoval es una entusiasta exploradora oceánica, ingeniera y científica. Con una licenciatura del MIT y un magister y doctorado de la Universidad de California, San Diego, Jessica trabaja en los campos de la robótica bioinspirada y las tecnologías de exploración en aguas profundas. También explora las profundidades del océano como piloto de vehículos operados remotamente (VORs). Cuando Jessica no está haciendo ciencia, escribe libros para niños con el fin de inspirar a la próxima generación de exploradores.



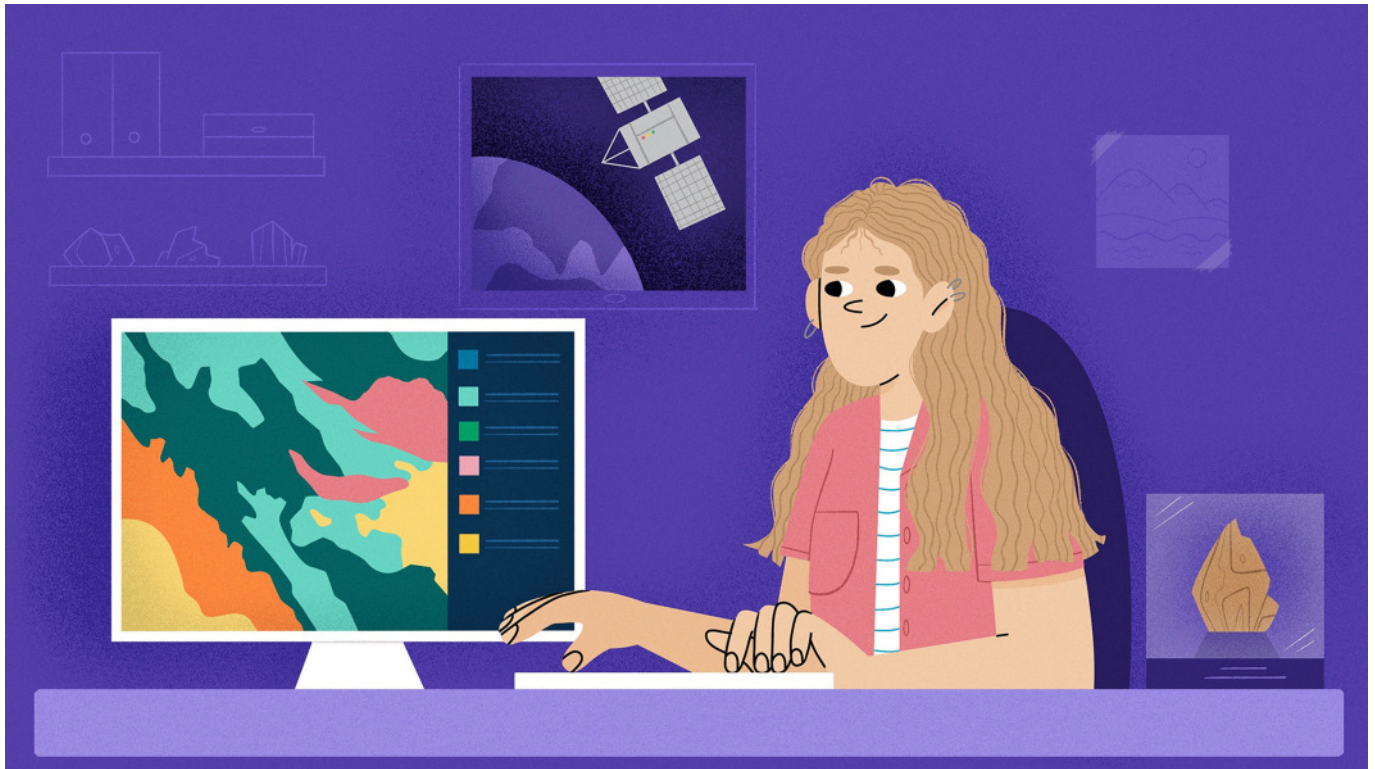
BRIAN R. C. KENNEDY

El Dr. Brian Kennedy es un ecólogo de las profundidades marinas que ha pasado más de una década explorando los océanos. Su investigación se centra en comprender cómo los factores ambientales influyen en los organismos de aguas profundas. Siempre está buscando formas de aumentar el ritmo y la eficiencia de la exploración oceánica mediante el desarrollo de nuevas tecnologías y el uso novedoso de tecnologías existentes en las profundidades marinas. Brian obtuvo su doctorado en ecología marina y su magister en biología en la Universidad de Boston, y su licenciatura en biología marina en el College of Charleston.

Spanish version provided by

Versión en español por





CONSTRUYENDO MAPAS DE ROCAS DESDE EL ESPACIO EXTERIOR

Wendy Bohon^{1*} y Alka Tripathy-Lang²

¹Dr. Wendy Rocks, LLC, Chesapeake Beach, MD, Estados Unidos

²Temblor, Tiburon, CA, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



BANUCK

EDAD: 14
AÑOS



CAELLUM

EDAD: 9 AÑOS

La cordillera del Himalaya es famosa por su belleza y sus grandes montañas, pero por estas razones los científicos no la han podido estudiar bien. Para conocer la historia de esas montañas, los geólogos necesitan ver de cerca las rocas de las que están hechas. Pero esto puede ser complicado, por las grandes alturas y lo difícil que es visitar algunas partes de esta cordillera. Para resolver este problema, vimos las montañas desde arriba – desde el espacio exterior. Usamos información obtenida por un instrumento llamado ASTER, que está a bordo del Satélite Terra de la NASA, y miramos la firma espectral de las rocas que forman las montañas. Una firma espectral es como una huella digital. Con esta información hicimos un mapa geológico de la región noroccidental del Himalaya, y así pudimos reconstruir parte de la historia de estas impresionantes montañas.

MAPA GEOLÓGICO

Un mapa que muestra la distribución de diferentes tipos de rocas utilizando colores o símbolos. Los mapas geológicos también incluyen características estructurales, como las fallas.

GEÓLOGOS

Científicos que estudian la historia del planeta, especialmente a través de las rocas.

Figura 1

Este es un mapa de Google que muestra la ubicación del área de estudio de este artículo, marcada con una estrella roja, se indica el área donde se comparten las fronteras de China, India y Pakistán

LA HISTORIA DEL PLANETA ESCRITA EN LAS ROCAS

Un **mapa geológico** nos muestra dónde se encuentran las rocas en la superficie de la Tierra. Estos mapas son como rompecabezas, donde cada roca es una pista de la historia de una región. Los **geólogos** hacen los mapas geológicos viajando a diferentes lugares y observando qué tipo de rocas encuentran. De esta manera, pueden reconstruir la historia del planeta. Al estudiar las rocas, pueden determinar cuándo se formaron las montañas o cuándo hubo un terremoto.

Muchos de los mapas que conocemos de la Tierra se han hecho de esta manera. Sin embargo, hay lugares donde los geólogos no han podido llegar porque son muy lejanos y agrestes. Por esto, ha sido difícil hacer mapas geológicos de estos lugares de difícil acceso o donde no se puede ir. El noroeste del Himalaya es uno de estos lugares (**Figura 1**). Allí están algunas de las montañas más famosas del planeta, como la K2, la segunda montaña más alta del mundo. También se encuentra la parte suroeste de la meseta Tibetana. Las rocas y otras características geológicas de esta región son muy importantes porque nos muestran pistas sobre cómo y cuándo se formaron la meseta Tibetana y el Himalaya. Los geólogos han hecho un gran mapa de la zona, pero debido a la gran altitud, las montañas escarpadas y las fronteras internacionales, algunas regiones siguen siendo inaccesibles. Por lo tanto, aún faltan mapas detallados de algunos de estos importantes lugares.

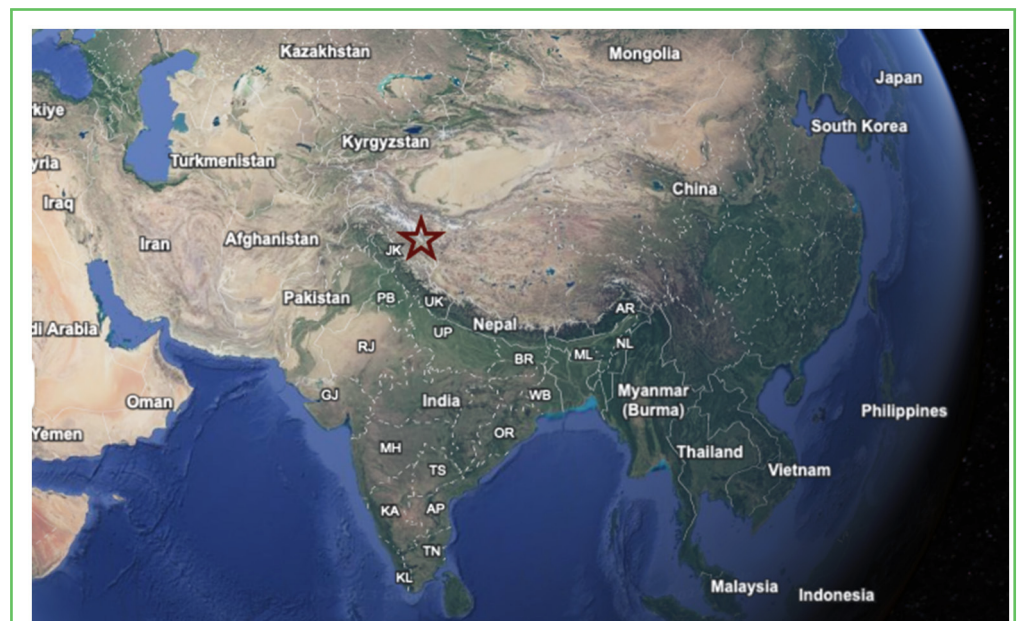


Figura 1

ESTUDIANDO LAS "HUELLAS DIGITALES" DE LAS ROCAS

Cuando los geólogos no pueden ir a los lugares y estudiar las rocas, lo hacen desde arriba, desde el espacio. El satélite Terra de la NASA

LUZ INFRARROJA TÉRMICA

Región del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 8 y 15 micrómetros.

LONGITUD DE ONDA

La longitud de un ciclo completo de onda. La longitud de onda del espectro infrarrojo térmico está entre 8 y 15 micrómetros, mientras que la longitud de onda de la luz visible es de 400-700 nanómetros.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El rango de todos los tipos de radiación electromagnética, desde longitudes de onda largas (radio) hasta longitudes de onda cortas (rayos X y gamma). Para los humanos la luz visible tiene longitudes de onda entre estos dos extremos.

HUELLA ESPECTRAL

Diferentes superficies emiten radiación de diversas formas y a diferentes longitudes de onda. La variación de la emisión a diferentes longitudes de onda forma la firma espectral que es única para cada superficie.

ESPECTRÓMETRO DE EMISIÓN TÉRMICA

Un equipo que puede detectar y medir la luz en el espectro infrarrojo térmico.

está equipado con varios instrumentos para recoger información de nuestro planeta. Uno de estos instrumentos es el Radiómetro Avanzado de Emisión y Reflexión Térmica Aerotransportado (ASTER, por sus siglas en inglés) [1]. Este instrumento recoge información muy importante para los científicos, sobre un tipo de luz que no se puede ver a simple vista, llamada **luz infrarroja térmica**.

Cuando hablamos de "infrarroja térmica" seguramente nos imaginamos una cámara que detecta el calor de una persona o un animal. En realidad, estas cámaras detectan la luz que tiene **longitudes de onda** más largas que la luz visible para los humanos. Todos los objetos emiten (o liberan) luz infrarroja térmica. Al analizar la cantidad de luz infrarroja térmica que emite un objeto en diferentes longitudes de onda dentro del **espectro electromagnético**, los científicos pueden determinar de qué están compuestos estos objetos. Esta característica se conoce como **huella espectral**.

Cada mineral posee una huella espectral única, algo así como una huella digital, que ayuda a los geólogos a identificarlo y diferenciarlo de otros minerales. Las rocas están compuestas de combinaciones de diferentes minerales, y si conocemos las huellas digitales de estos minerales, podemos determinar el tipo de roca [2]. Para hacer más fácil la identificación de las rocas, los científicos definen diferentes colores a las huellas digitales de cada tipo de roca (estos colores no corresponden a los colores reales de las rocas). Cada tipo de roca tendrá un color único. Para hacer un mapa geológico del Himalaya, usamos estos colores (Figura 2A) que muestran los diferentes tipos de rocas (Figura 2B). Además, verificamos que el color de la huella digital en nuestros mapas coincida con el color de la huella del mismo tipo de roca en otras partes del mundo (Figura 3).

CONFIRMANDO NUESTRO TRABAJO

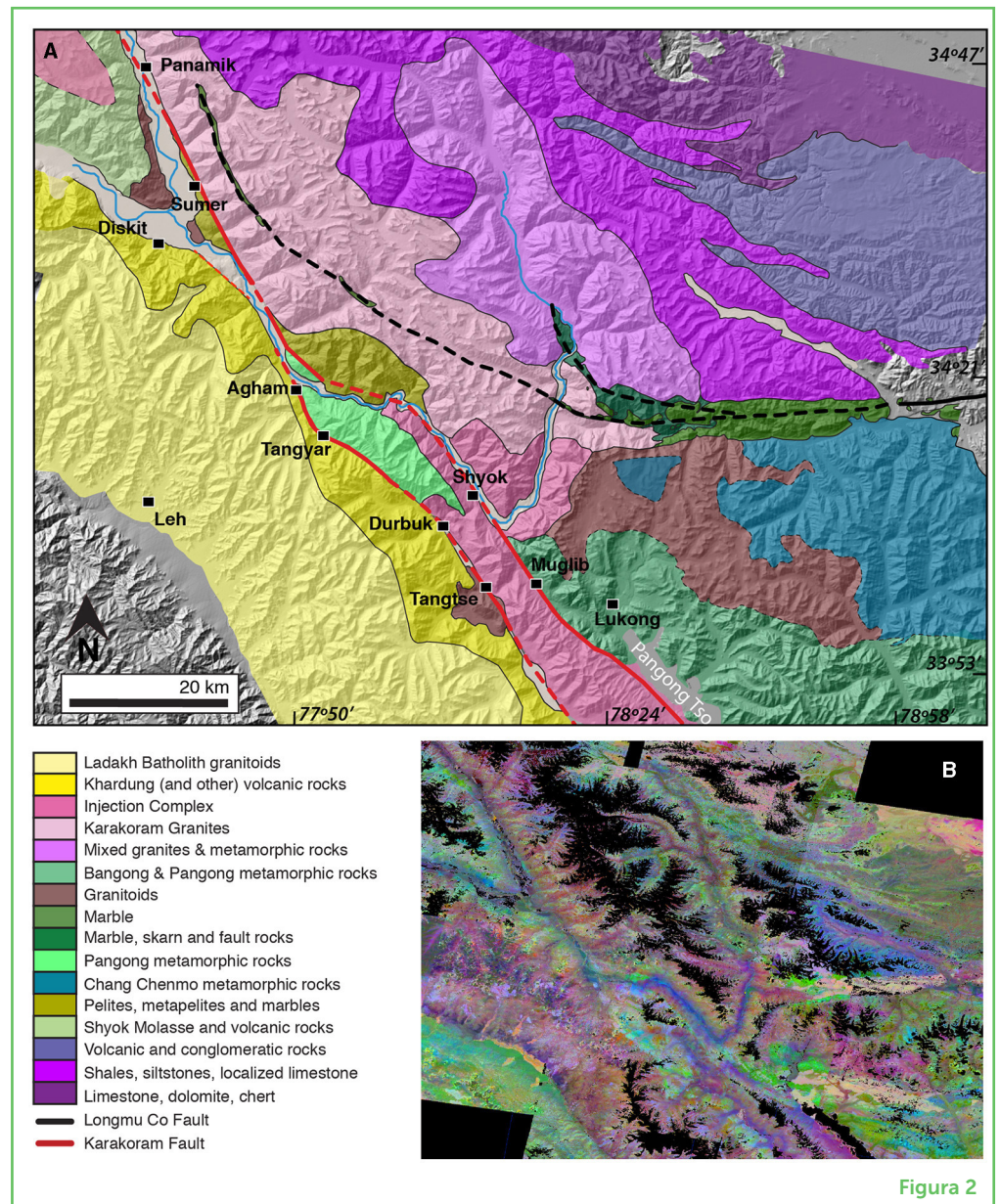
Los mapas geológicos hechos a partir de datos de luz infrarroja térmica necesitan una revisión para estar seguros de que el tipo de roca representado en el mapa, con los datos del satélite, coincida con el tipo de roca que realmente está allí. Para hacer esta revisión, recolectamos muestras de diferentes tipos de rocas en áreas de fácil acceso. Posteriormente, en el laboratorio, usamos un **espectrómetro de emisión térmica** para medir la huella espectral de cada una de las rocas. ¡Al comparar estas huellas espectrales con las obtenidas por el satélite comprobamos que sí coincidían! Con este proceso pudimos confirmar que nuestros mapas estaban correctos.

¿QUÉ DICE NUESTRO MAPA?

Nuestro mapa nos mostró algunas piezas impresionantes del rompecabezas geológico del Himalaya. Primero, vimos muchos rastros de un antiguo océano, conocido como el mar de Tetis, que

Figura 2

(A) Una versión preliminar de nuestro mapa geológico. (Haga clic aquí para ver el mapa completo [3]). Cada color representa un tipo diferente de roca (vea la clave de identificación). Algunas de las rocas llevan el nombre de lugares. Los cuadrados negros indican ciudades, pueblos o aldeas. Las líneas continuas muestran donde se pueden ver las fallas de Karakoram y Longmu Co. Las líneas punteadas indican dónde creemos que podría estar las fallas. (B) Datos infrarrojos térmicos del instrumento ASTER, que muestran la huella digital de cada tipo de roca con un color diferente. Granitos del Batholito de Ladakh; Rocas volcánicas de Khardung (y otras); Complejo de Inyección; Granitos del Karakoram; Granitos mixtos y rocas metamórficas; Rocas metamórficas de Bangong y Pangong; Granitos; Mármoles; Mármol, escarna y rocas de falla; Rocas metamórficas de Pangong; Rocas metamórficas de Chang Chenmo; Pelitas, metapelitas y mármoles; Molasa de Shyok y rocas volcánicas; Rocas volcánicas y sedimentarias; Pizarras, limolitas y calizas localizadas; Calizas, dolomitas y cuarcitas; Falla de Longmu Co; Falla de Karakoram.

**Figura 2**

hace millones de años separaba a la India de Eurasia. Hace unos 50 millones de años, estos dos continentes chocaron, lo que hizo que el fondo marino se levantara, iniciando así un largo proceso de formación de las montañas tal como las conocemos actualmente [5]. Después de millones de años, una **falla** enorme, la de Karakoram, se abrió camino en el fondo de este antiguo océano, desplazando fuertemente cada lado. Los restos del fondo marino están hechos de rocas únicas y muy raras, y pudimos usar esta información para saber cuánto se han movido por causa de esta falla, a lo largo de millones de años.

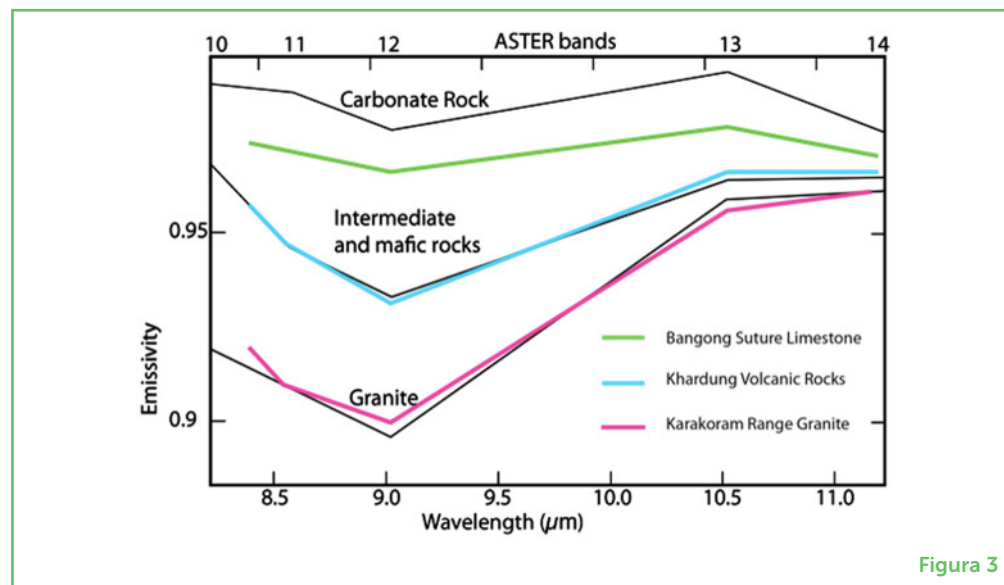
Una falla es la fractura de las rocas duras de la corteza terrestre. Los terremotos ocurren a lo largo de estas fallas. Las fallas grandes pueden ocasionar terremotos fuertes y devastadores, por lo que es

Figura 3

Las líneas negras son las huellas digitales de 3 tipos de rocas ubicadas en California. Las líneas de colores muestran la huella digital de las rocas de nuestro mapa en el Himalaya. ¡La forma de las huellas digitales de cada uno de los diferentes tipos de rocas coincide! Esto es importante porque permite confirmar que estamos haciendo un buen trabajo al identificar los tipos de rocas usando los colores en nuestro mapa geológico. Puedes encontrar cada tipo de roca en el mapa haciendo coincidir el nombre (ver clave) con el nombre que se muestra en el mapa de la Figura 2 (imagen modificada de [4]).

FALLA

Una fractura o quiebre en las rocas de la corteza terrestre donde ocurren los terremotos.



muy importante saber dónde están. Nuestro mapa nos mostró dónde se cruzan dos fallas enormes: las fallas de Karakoram y Longmu Co (Figura 2A), que en conjunto forman el borde suroeste de la meseta Tibetana. Estas fallas están activas y en cualquier momento pueden originar fuertes terremotos. Con nuestro mapa geológico podemos saber qué partes de la falla de Karakoram tienen mayor probabilidad de provocar terremotos. Por ejemplo, algunos científicos pensaban que solo una sección del Karakoram estaba activa, pero con la ayuda de nuestro mapa pudimos ver que hay otra parte que también puede ocasionar terremotos. Esta información es muy importante para las personas que viven en esta región y necesitan estar preparadas en caso de terremotos.

Con la información obtenida del satélite y en el laboratorio pudimos elaborar un mapa geológico de una parte del Himalaya. Con este mapa, hemos podido reconstruir una parte de la historia geológica de la región noroccidental del Himalaya. También hemos podido identificar y entender mejor dónde se encuentran las fallas activas de la región.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Robinson Botero-Arias** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Bohon, W., Hodges, K. V., Tripathy-Lang, A., Arrowsmith, J. R., and Edwards, C. 2018. Structural relationship between the Karakoram

and Longmu Co fault systems, southwestern Tibetan Plateau, revealed by ASTER remote sensing. *Geosphere* 14:1837–1850. doi: 10.1130/GES01515.1

REFERENCIAS

1. Yamaguchi, Y., Kahle, A. B., Tsu, H., Kawakami, T., and Pniel, M. 1998. Overview of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER). *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 36:1062–1071. doi: 10.1109/36.700991
2. Cooper, F. J., Adams, B. A., Edwards, C. S., and Hodges, K. V. 2012. Large normal-sense displacement on the South Tibetan fault system in the eastern Himalaya. *Geology* 40:971–974. doi: 10.1130/G33318.1
3. Bohon, W., Hodges, K. V., Tripathy-Lang, A., Arrowsmith, J. R., and Edwards, C. 2018. Structural relationship between the Karakoram and Longmu Co fault systems, southwestern Tibetan Plateau, revealed by ASTER remote sensing. *Geosphere* 14:1837–1850. doi: 10.1130/GES01515.1
4. Rowan, L. C., and Mars, J. C. 2003. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data. *Rem. Sens. Environ.* 84:350–366. doi: 10.1016/S0034-4257(02)00127-X
5. Searle, M. P., Windley, B. F., Coward, M. P., Cooper, D. J. W., Rex, A. J., Rex, D., et al. 1987. The closing of Tethys and the tectonics of the Himalaya. *Geol. Soc. Am. Bull.* 98:678–701. doi: 10.1130/0016-7606(1987)98<678:TCOTAT>2.0.CO;2

EDITOR: Anna Regoutz

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: Kirsten Tulchin-Francis y Clarissa Karthäuser

CITACIÓN: Bohon W y Tripathy-Lang A (2025) Construyendo mapas de rocas desde el espacio exterior. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1368101-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Bohon W and Tripathy-Lang A (2024) Mapping Rocks From Space. *Front. Young Minds* 12:1368101. doi: 10.3389/frym.2024.1368101

CONFLICTO DE INTERESES: WB trabajaba para la Dra. Wendy Rocks, LLC. AT-L trabajaba para Temblor.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Bohon y Tripathy-Lang. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



BANUCK, EDAD: 14 AÑOS

Mi nombre es Banuck y me encanta la ciencia. Actualmente estoy en 8° grado en Maryland y quiero ser astrofísico cuando sea grande. Me gusta el espacio y los planetas, por eso creo que esta carrera sería una buena opción para mí.

CAELLUM, EDAD: 9 AÑOS

Caellum es un niño de 9 años, en 4° grado, amante de la ciencia y las matemáticas. Sus pasatiempos incluyen construir con Lego, jugar ajedrez, resolver acertijos y hacer animales con globos. Es cinturón negro en Taekwondo y le gusta nadar.

AUTORES



WENDY BOHON

La Dra. Wendy Bohon es una geóloga que estudia terremotos y trabaja para mejorar la divulgación de la ciencia. Está especialmente interesada en ayudar a las personas a comprender y prepararse para eventos geológicos que ocurren rápidamente, como terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas. *wbohon@gmail.com



ALKA TRIPATHY-LANG

La Dra. Alka Tripathy-Lang es una especialista en termocronología- es decir alguien que estudia cuándo tiempo las rocas estuvieron a diferentes temperaturas y profundidades bajo la superficie. Actualmente es escritora y editora científica, enfocada en explicar conceptos complejos de geociencias para el público.

Spanish version provided by

Versión en español por





CÓMO LA DIETA DE UNA MADRE AFECTA LA SALUD INTestinal DE SU BEBÉ

Sana Jaleel¹, Priya Ramotar¹, Sarah Daniel² y Julie Mirpuri^{3*}

¹Pediatría, Universidad de Washington, San Luis, MO, Estados Unidos

²Laboratorios Bio-Ra, Hercules, CA, Estados Unidos

³Centro Médico del Sudoeste de la Universidad de Texas, Dallas, TX, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



ARASI
EDAD: 11



LETICIA
EDAD: 15

Lo que come una madre durante su embarazo afecta el desarrollo de su bebé. Durante este estudio, ratonas embarazadas se alimentaron con una dieta alta en grasas poco saludable para ver el efecto en los intestinos de los bebés después de nacer. Descubrimos que los bebés tenían más de cierto tipo de células inmunes y que sus intestinos se dañaban más fácilmente en comparación con los bebés cuyas madres consumían una dieta más saludable. En la segunda parte del experimento, bloqueamos los efectos de estas células inmunes inusuales y vimos que los intestinos de estos bebés se volvieron más resistentes al daño, casi como los de los ratones bebés cuyas madres consumían dietas saludables. Nuestra investigación muestra lo importante que es que las mamás coman alimentos saludables durante el embarazo para mantener sano el intestino de su bebé.

INTESTINO

La sección del sistema digestivo donde la comida se deshace y es absorbida por el cuerpo. Muchas bacterias viven en el intestino.

GRASAS SATURADAS

Un tipo de grasa comestible que se considera poco saludable y contiene altas cantidades de moléculas de ácidos grasos.

CÉLULAS INMUNITARIAS

Células que protegen el cuerpo de invasiones por bacterias y virus.

INFLAMACIÓN

Condición en el cuerpo que resulta cuando las células inmunes son activadas y dañan otras células. Los síntomas de la inflamación son hinchazón, enrojecimiento, dolor, y sensación de calor.

ENTEROCOLITIS NECROTIZANTE

Una enfermedad que sufren los bebés que nacen demasiado pronto (prematurados) donde sus intestinos están dañados. Cuando esto pasa, los bebés tienen que quedarse en el hospital por más tiempo de lo normal.

¿PUEDE AFECTAR LO QUE COMEN LAS MADRES LA SALUD DE SUS BEBES?

La obesidad es un gran problema en los Estados Unidos, en parte porque muchos alimentos accesibles contienen grandes cantidades de grasa. En estos momentos, más de la mitad de las mujeres en los Estados Unidos tienen sobrepeso o incluso son obesas cuando tienen la edad en que pueden quedar embarazadas [1]. Esto podría ser peligroso, ya que científicos alrededor del mundo han descubierto que cuando las mujeres embarazadas sufren de obesidad, sus bebés tienen un mayor riesgo de problemas de salud a lo largo de sus vidas [1–5]. Sin embargo, los científicos aún no saben exactamente por qué sucede esto. Aunque la obesidad tiene muchas causas, una dieta poco saludable y alta en grasas es una de las razones por las que algunas personas son obesas. Esto hace que los científicos se pregunten: ¿qué cambios ocurren en el bebé cuando la mamá come mucha grasa?

Supusimos que tal vez, cuando las mamás comen una dieta alta en grasas, sus bebés tendrán diferentes bacterias que pueden causar problemas en sus **intestinos**. Esta teoría tiene sentido porque cuando los adultos comen mucha grasa, sus propias bacterias intestinales cambian. Los científicos creen que esto se debe a que la grasa estimula el crecimiento de ciertas bacterias que descomponen la grasa y permiten que el cuerpo absorba más de ella, lo que hace que la persona aumente más de peso. Entonces, nos preguntamos si las bacterias de los bebés nacidos de madres con dietas altas en grasas (60% de **grasas saturadas**) también pueden cambiar [6].

¿Por qué son importantes las bacterias en los intestinos? Estas bacterias pueden afectar a las **células inmunitarias** y hacer que el intestino sea sensible a daños, lo cual causa muchos problemas de salud. Aunque la función de las células inmunitarias es proteger nuestro cuerpo, ellas también pueden dañar el cuerpo si son demasiado activas o si son activadas por ciertas bacterias, lo que resulta en **inflamación** [7]. Hay una condición llamada **enterocolitis necrotizante**, donde algunas bacterias causan inflamación intestinal en los bebés nacidos demasiado pronto (prematuramente). Estos bebés luego tienen que permanecer en el hospital durante un tiempo prolongado después de nacer.

¿Cómo podemos probar nuestra teoría? Los cuerpos de los ratones se parecen mucho al cuerpo humano, por lo que usamos ratones para un experimento. Primero, a algunas ratonas embarazadas les dimos una dieta con mucha grasa, y a otras ratonas les dimos una dieta normal, con menos grasa. Luego observamos los intestinos de cada uno de sus bebés para ver si había alguna diferencia. Para empezar, observamos las bacterias intestinales de los bebés. Y después, analizamos su inflamación intestinal para ver si los bebés tenían más células llamadas

CÉLULAS LINFÓIDES INNATAS TIPO 3

Tipo de célula inmunitaria presente en el intestino que puede producir la citocina IL-17A, una molécula inflamatoria.

Figura 1

Mapa de calor donde se ven las bacterias encontradas en las heces de tres ratones (1 semana de edad) cuyas madres tuvieron una dieta alta en grasas (poco saludable) o en una dieta regular (saludable). Los colores muestran las cantidades de cada bacteria (enumeradas en la parte superior). El rojo indica más bacterias y el negro menos. Las células ILC3 pueden producir una molécula llamada IL-17A, que puede irritar el intestino y causar inflamación. Los resultados indican que las células ILC3 pueden ser responsable de la inflamación observada en los intestinos de los bebés nacidos de madres con una dieta poco saludable.

células linfoides innatas de tipo 3 (células ILC3). Estas células causan inflamación cuando producen una molécula que irrita el intestino y puede empeorar la inflamación. Entonces, si vemos muchas de estas células, esto indica que los ratones tienen más inflamación intestinal.

¿QUÉ PASÓ CON LA SALUD INTESTINAL DE LOS BEBÉS?

Se puede ver que los grupos saludables y no saludables son bastante diferentes. Este resultado nos mostró que la dieta alta en grasas de la madre podría afectar a las bacterias intestinales de los ratones bebés.

Después de que los ratones embarazados habían estado en la dieta alta en grasas poco saludable, observamos las heces (popó) de sus bebés y descubrimos que las bacterias presentes eran muy diferentes de las que estaban en las heces de los bebés nacidos de ratones con una dieta regular (saludable) (Figura 1).

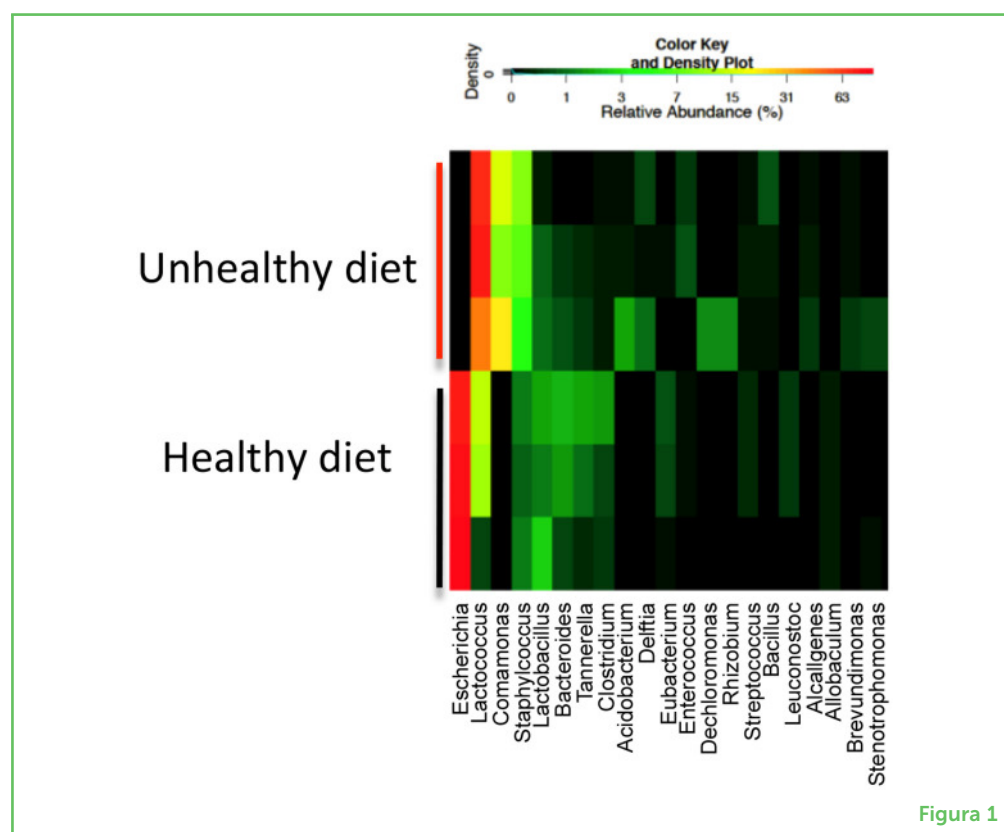


Figura 1

También vimos las células inmunitarias en los intestinos de los bebés después de que nacieron, y descubrimos que las células ILC3 aumentaron en los bebés de madres que comían una dieta alta en grasas (Figura 2). La prueba que utilizamos para esto se llama

CITOMETRÍA DE FLUJO

Una técnica que utiliza láseres para ver células individuales y separarlas basándose en las moléculas en su superficie.

Figura 2

Analizamos la cantidad de células ILC3 en los intestinos de los ratones bebés. Vimos que había más células ILC3 en los bebés nacidos durante dietas poco saludables y alta en grasas. Esto fue estadísticamente significativo, como lo muestran los asteriscos dobles.

Figura 3

Examinamos los intestinos de ratones bebés para ver cuánto inflamación podíamos causar. La inflamación se midió viendo los intestinos bajo un microscopio (un proceso llamado histología) y les dimos a cada muestra una calificación basada en cuanto daño vimos. Las puntuaciones altas significan más daños. Los ratones cuyas madres comieron una dieta poco saludable mostraron una puntuación más alta (más daños). Cuando bloqueamos el efecto de las células ILC3, la puntuación se redujo (menos daños). Esto nos dice que las células ILC3 pueden ser responsables de los efectos perjudiciales. El doble asterisco representa las diferencias estadísticamente significativas.

citometría de flujo, en la que podemos identificar las cantidades y los tipos de células por los patrones de moléculas que tienen en sus superficies. Las células ILC3 pueden producir una molécula llamada IL-17A, que puede dañar el intestino cuando hay inflamación.

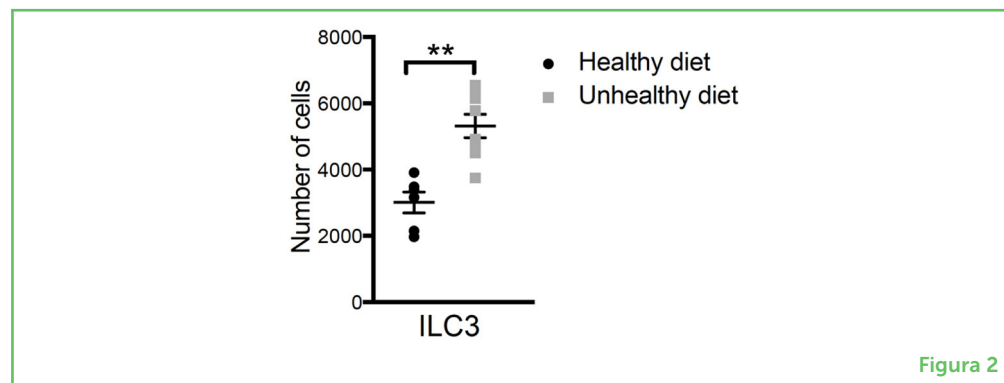


Figura 2

¿PODEMOS PROTEGER A LOS BEBÉS DEL DAÑO INTESTINAL?

Ahora ya sabíamos que los ratones bebés de madres que comían una dieta poco saludable y alta en grasas tenían bacterias intestinales diferentes y más células ILC3 peligrosas que los bebés que venían de una dieta saludable. Teníamos curiosidad si es posible proteger a los bebés propensos a la inflamación del daño intestinal, así que hicimos un experimento para ver si podíamos detener el efecto de las células ILC3, ¡y funcionó (Figura 3)! Les dimos una sustancia inflamatoria a los ratones bebés y revisamos sus intestinos.

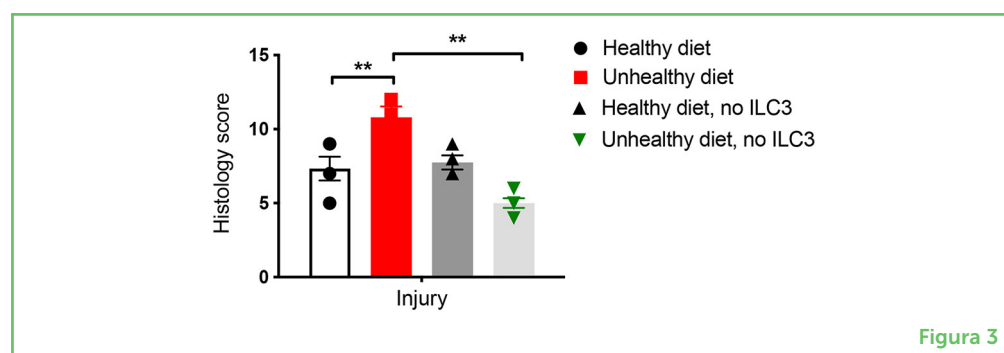


Figura 3

Lo interesante fue que, cuando bloqueamos el efecto de las células ILC3 neutralizando la molécula IL-17A, descubrimos que podíamos proteger a los ratones bebés de la inflamación. Esto nos mostró que la dieta alta en grasas de la madre cambió el número de células ILC3 en los intestinos de los bebés y causó más daño intestinal porque hubo mayor producción de IL-17A por esas células.

¡LA DIETA DE MAMÁ IMPORTA!

Esta investigación nos enseñó que lo que las madres comen mientras están embarazadas puede afectar a sus bebés, incluso después de que nacen. Sabemos que los ratones no son humanos, y esta es una limitación del estudio. Pero ya que los ratones son mamíferos, al igual que los humanos, podemos aprender mucho estudiándolos. Nuestros experimentos en ratones mostraron que la dieta alta en grasas durante el embarazo cambió las células inmunitarias y las bacterias en los intestinos de los ratones bebés. Lo que aprendimos podría significar que comer sano y evitar los alimentos altos en grasas durante el embarazo también es muy importante para los humanos. Una dieta saludable incluye algo de grasa, pero no una cantidad excesiva. Comer sano consiste en conseguir una variedad de nutrientes que necesitamos en nuestro cuerpo, incluyendo vitaminas, carbohidratos, proteínas, grasas saludables y minerales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por NIH K08 (DK100545), Young Investigator Grant for Probiotic Research y Children's Medical Center Foundation Grant para JM. También nos gustaría agradecer a Sameera Chiruvolu (Ursuline Academy of Dallas) por su ayuda en la edición del manuscrito.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Karen Mancera Azamar** (México), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Babu, S. T., Niu, X., Raetz, M., Savani, R. C., Hooper, L. V., and Mirpuri, J. 2018. Maternal high-fat diet results in microbiota-dependent expansion of ILC3s in mice offspring. *JCI Insight*. 3:e99223. doi: 10.1172/jci.insight.99223

REFERENCIAS

1. Deputy, N. P., Dub, B., and Sharma, A. J. 2018. Prevalence and trends in prepregnancy normal weight—48 states, New York City, and District of Columbia, 2011–2015. *Morb. Mortal Wkly Rep*. 66:1402–7. doi: 10.15585/mmwr.mm665152a3
2. Journault, M., Murthy, P., Bansal, N., Tang, S., Al Awad, E., Creighton, D., et al. 2023. The association of maternal overweight on long-term

- neurodevelopmental outcomes in premature infants (<29 weeks) at 18–24 months corrected age. *J. Perinatol.* 43:1413–9. doi: 10.1038/s41372-023-01733-1
3. Denizli, M., Capitano, M. L., and Kua, K. L. 2022. Maternal obesity and the impact of associated early-life inflammation on long-term health of offspring. *Front. Cell Infect. Microbiol.* 12:940937. doi: 10.3389/fcimb.2022.940937
 4. Sridhar, S. B., Darbinian, J., Ehrlich, S. F., Markman, M. A., Gunderson, E. P., Ferrara, A., et al. 2014. Maternal gestational weight gain and offspring risk for childhood overweight or obesity. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 211:259.e1–8. doi: 10.1016/j.ajog.2014.02.030
 5. Catalano, P. M., and Ehrenberg, H. M. 2006. The short- and long-term implications of maternal obesity on the mother and her offspring. *BJOG* 113:1126–33. doi: 10.1111/j.1471-0528.2006.00989.x
 6. Aron-Wisnewsky, J., Warmbrunn, M. V., Nieuwdorp, M., and Clement, K. 2021. Metabolism and metabolic disorders and the microbiome: the intestinal microbiota associated with obesity, lipid metabolism, and metabolic health-pathophysiology and therapeutic strategies. *Gastroenterology* 160:573–99. doi: 10.1053/j.gastro.2020.10.057
 7. Belkaid, Y., and Harrison, O. J. 2017. Homeostatic immunity and the microbiota. *Immunity* 46:562–76. doi: 10.1016/j.immuni.2017.04.008

EDITOR: Becca Peixotto

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: Paulina Buffle y Medha Priyadarshini

CITACIÓN: Jaleel S, Ramotar P, Daniel S y Mirpuri J (2025) Cómo la dieta de una madre afecta la salud intestinal de su bebé. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1392595-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Jaleel S, Ramotar P, Daniel S and Mirpuri J (2024) How Mom's Diet Impacts Baby's Gut Health. *Front. Young Minds* 12:1392595. doi: 10.3389/frym.2024.1392595

CONFLICTO DE INTERESES: los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Jaleel, Ramotar, Daniel y Mirpuri. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia **Creative Commons Attribution (CC BY)**. Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES

ARASI, EDAD: 11

¡Hola! ¡Soy Arasi, una estudiante de 5° grado que siempre se mantiene alerta! Me encanta bailar, cantar y practicar deportes. También me gusta sentarme y leer un buen libro. Si me preguntas cuál es mi tema favorito, ¡te diré todo! Cuando crezca, quiero ser pediatra para poder ayudar a los niños.

LETICIA, EDAD: 15

Tengo 15 años y vivo en Inglaterra. Me encantan las ciencias, leer novelas de misterio y tocar el piano. Me apasiona la medicina y la considero una carrera potencial para mí. Viví muchos años en América del Sur y disfruté de vivir rodeada de volcanes gigantes y descubrir animales exóticos que me ayudaron a desarrollar una pasión por las ciencias. Me fascina el mundo que me rodea, el cuerpo humano y la evolución de las especies.

AUTORES

SANA JALEEL

Sana Jaleel es estudiante de medicina en la Universidad de Washington en St. Louis. Ha realizado investigaciones durante la escuela secundaria y la universidad con el laboratorio del Dr. Mirpuri para comprender cómo la dieta de una madre puede cambiar la salud intestinal del bebé. Sus pasatiempos incluyen correr y bailar.

PRIYA RAMOTAR

Priya Ramotar es estudiante de medicina en la Universidad de Washington en St. Louis. A lo largo de la escuela secundaria y la universidad, ha realizado investigaciones en el laboratorio del Dr. Mirpuri estudiando el efecto de la dieta de la madre en la salud intestinal del bebé. En su tiempo libre, le gusta leer, ofrecerse como voluntaria para enseñar piano a estudiantes más jóvenes y tocar la flauta.

SARAH DANIEL

Sarah Daniel es una científica de aplicaciones en Bio-Rad Laboratories que brinda soluciones expertas en biología molecular a clientes académicos y gubernamentales en la región del Atlántico Medio de los Estados Unidos. Sarah obtuvo una maestría de la Universidad de Houston y un doctorado de la Universidad del Norte de Texas. Antes de unirse a Bio-Rad Laboratories, Sarah trabajó como científica de la industria y dirigió un equipo de investigación y desarrollo en una empresa de diagnóstico molecular. Sarah vive en Maryland con su esposo, sus dos hijos y su perro bóxer. En su tiempo libre, Sarah disfruta de la música y del voluntariado en la iglesia local y de las actividades comunitarias.



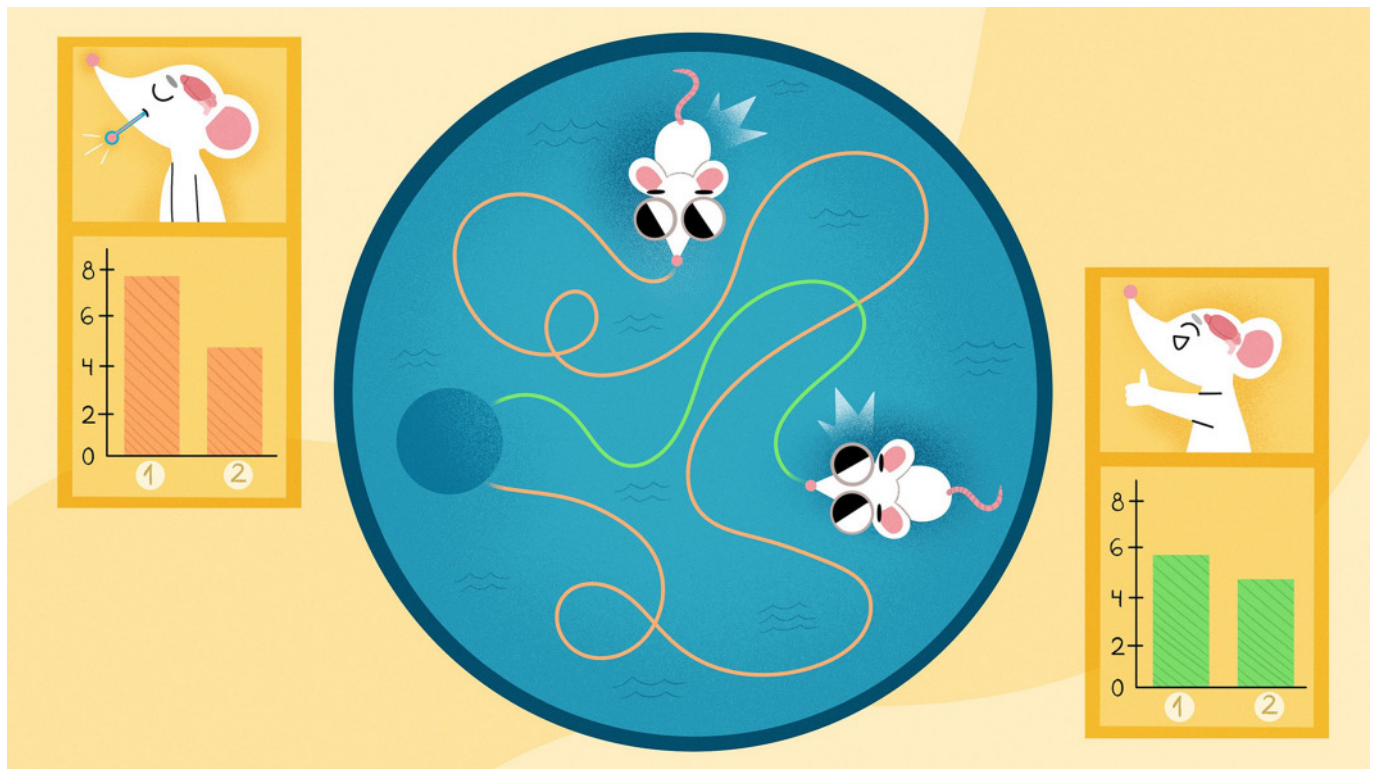
JULIE MIRPURI

Julie Mirpuri es profesora de la Universidad de Texas Southwestern en Dallas, Texas. Es una doctora que trabaja con bebés enfermos o que nacen antes de tiempo (neonatólogo). También es una científica que investiga cómo ayudar a los bebés a tener una mejor salud inmunológica y bacterias buenas en sus intestinos. Julie también es embajadora de IF/THEN, animando a las jóvenes a seguir carreras en STEM. *julie.mirpuri@utsouthwestern.edu

Spanish version provided by

Versión en español por





¿ENFERMARSE FRECUENTEMENTE AFECTA LA FORMA EN QUE FUNCIONAN NUESTRAS CÉLULAS DEL CEREBRO Y LA FORMA CÓMO APRENDEMOS Y RECORDAMOS?

Elizabeth B. Engler-Chiurazzi^{1,2*}, Kevin J. Zvezdaryk^{2,3} y Brook L. W. Sweeten^{2,4}

¹Centro de Investigación en Neurociencia Clínica, Departamento de Neurocirugía, Universidad de Tulane, Nueva Orleans, LA, Estados Unidos

²Instituto del Cerebro de Tulane, Universidad de Tulane, Nueva Orleans, LA, Estados Unidos

³Departamento de Microbiología e Inmunología, Universidad de Tulane, Nueva Orleans, LA, Estados Unidos

⁴Departamento de Biología Celular y Molecular, Universidad de Tulane, Nueva Orleans, LA, Estados Unidos

JOVEN REVISOR:

ESCUELA
SECUNDARIA
QUEST
MONTESSORI
EIDADES: 12–14



A todos nos da gripe de vez en cuando. Hemos diseñado un experimento para estudiar cómo enfermarse más seguido puede afectar al cerebro. Para hacerlo, utilizamos una parte de una bacteria para hacer que ratones adultos experimentaran síntomas de resfriado. En total, administramos esta sustancia cinco veces a cada ratón. Los ratones mejoraron en pocos días y descansaron 2 semanas entre cada exposición a la bacteria. Luego, medimos cómo los ratones aprendían y recordaban nueva información, y qué tan bien sus células cerebrales les estaban ayudando a aprender.

Nuestros experimentos indican que enfermarse con frecuencia interfiere con la comunicación entre células cerebrales, causando que los ratones tengan dificultades para aprender y recordar. Estos resultados pueden ayudar a los doctores a predecir cuáles pacientes pueden tener problemas de memoria cuando envejecen. Este estudio también demuestra la importancia de mantenerse lo más saludable posible y de tomar medidas para protegernos a nosotros mismos, y a los demás, cuando nos enfermamos.

INFECCIONES Y EL CEREBRO

La picazón en la garganta, la nariz congestionada, el malestar estomacal, el dolor de cabeza palpitante, los escalofríos... todos conocemos esa sensación de resfriarnos o contraer la gripe. No es nada divertido. Estar enfermo no solo afecta el funcionamiento del cuerpo, también afecta al cerebro. Estar cansado, tener dificultades para concentrarse, sentirse desmotivado, retraído o irritable son algunos de los síntomas comunes y leves que las personas experimentan mientras están enfermas [1, 2]. Afortunadamente, la mayoría de la gente se siente mal solo por pocos días. A medida que el **sistema inmunológico** combate la infección, la gente generalmente se recupera y puede volver a sus actividades normales, como ir a sus colegios o encontrarse con amigos.

Enfermarse es una experiencia común, pero algunas personas se enferman más seguido que otras. Estudios en humanos sugieren que las personas mayores que han tenido más infecciones a lo largo de sus vidas muestran un mayor deterioro en sus capacidades cerebrales, conocidas como **funciones cognitivas** [3, 4]. Esto puede representar un problema para personas que sufren de cambios de memoria cuando envejecen, lo cual es un problema común en este grupo de personas.

Nuestra pregunta de investigación fue: "Si una persona tiene más experiencias con infecciones, ¿qué le sucede al cerebro y a su funcionamiento?". Nuestra hipótesis era que, si más experiencias con infecciones afectan negativamente al cerebro, veríamos problemas con la forma en la que las células cerebrales (llamadas **neuronas**) se comunican y con la forma en que se aprende y recuerda información.

¿CÓMO HACEMOS QUE LOS ANIMALES SE ENFERMEN?

No es ético realizar experimentos en los que hagamos que personas se enfermen a propósito. Por esa razón, utilizamos ratones macho adultos [5]. Los ratones son comúnmente usados en experimentos biológicos y envejecen rápido, lo que nos permite

SISTEMA INMUNOLÓGICO

El grupo de órganos y células que controlan la forma en que respondemos a infecciones o lesiones.

FUNCIÓN COGNITIVA

Procesos mentales como pensar, saber, recordar, juzgar, resolver problemas y tomar decisiones, que nos permiten entender e interactuar con el mundo.

NEURONAS

Células en el cerebro que reciben información del cuerpo y otras partes del cerebro, se comunican entre ellas a través de señales eléctricas y químicas, y controlan nuestros pensamientos, sentimientos y reacciones.

LIPOPOLISACÁRIDOS (LPS)

Un fragmento de la membrana exterior de un tipo de bacteria. Puede causar fuertes respuestas inmunológicas y es frecuentemente usada en investigación en el estudio de inflamación.

CONTROL

El grupo en un estudio que es considerado normal. Los científicos comparan valores de variables dependientes en el grupo de control con cambios de esta variable en el grupo experimental.

estudiar fácilmente los cambios a lo largo del tiempo. Todos nuestros procedimientos fueron revisados y aprobados previamente por un grupo de otros científicos para garantizar el bienestar de los ratones. Seleccionamos procedimientos que minimizarían cualquier dolor o malestar que los ratones pudieran experimentar. Además, todos los experimentadores fueron entrenados en el uso ético de animales para investigación.

Hicimos que algunos ratones en nuestro estudio se “enfermaran” al inyectarles una sustancia llamada **lipopolisacárido (LPS)**. Los LPS vienen de la capa externa de cierto tipo de bacteria. Muchos científicos han usado LPS para aprender cómo las infecciones bacterianas funcionan con el sistema inmunológico [6]. Cuando administramos una cantidad moderada de LPS a los ratones, el sistema inmunológico se activa para producir una inflamación temporal, similar a lo que pasa cuando se infectan con bacterias reales. Lo importante es que la infección no puede propagarse de célula a célula dentro del animal, o entre animales, porque el LPS es sólo una *parte* de la bacteria.

Administramos LPS a algunos de los ratones un total de cinco veces en un período de 3 meses (**Figura 1A**). Esperamos 2 semanas entre cada “infección” con LPS antes de hacer que se “enfermaran” otra vez. Cada vez que se les administraba LPS a estos ratones, a otros ratones se les administraba una sustancia de **control**, que debería tener muy poco efecto en el cuerpo por sí sola. En nuestro caso, este control era solución salina (agua con sal), similar a la que te darían en el hospital si estuvieras deshidratado. Nuestro grupo de control estaba compuesto por ratones normales que nunca habían experimentado infecciones. Comparamos cómo funcionaban los cerebros de los ratones del grupo de control con los cerebros de los ratones que habían experimentado varias exposiciones al LPS. Después de que los ratones se recuperaron de las cinco inyecciones, medimos su aprendizaje y memoria, así como la forma en que sus neuronas se comunicaban.

LOS RATONES “INFECTADOS” SE ENFERMARON MODERADAMENTE POR UN CORTO PERÍODO DE TIEMPO

Primero, medimos qué tan “enfermos” estaban los ratones en varios puntos del estudio. Para estudiar su salud desarrollamos una evaluación similar a un examen físico que un médico podría realizar cuando estás enfermo. Observamos la apariencia, la postura, la tasa de respiración y los movimientos de los ratones. También verificamos si habían perdido peso y tomamos su temperatura para ver si tenían fiebre. A cada característica que medimos le asignamos puntos, y cuantos más puntos tenía un animal, más enfermo se comportaba (**Figura 1B**). Hicimos estas mediciones el mismo día que las inyecciones. Dos semanas después, también medimos todas estas características nuevamente, para asegurarnos que los ratones

Figura 1

(A) Administramos solución salina de control o LPS a los ratones cada 2 semanas. Registramos cuán enfermos los ratones lucían y se comportaba luego de cada inyección de LPS y justo antes de la siguiente. Después de cinco inyecciones, evaluamos el aprendizaje y memoria de los ratones usando el laberinto de agua de Morris. También estudiamos la comunicación de las neuronas del hipocampo en ambos grupos de ratones. (B) Cuanto mayor era el puntaje en nuestra escala, más comportamientos característicos de enfermedad mostraban los ratones. Descubrimos que cada exposición a LPS hacía que los ratones se “enfermaran” moderadamente, pero en un corto período de tiempo. Los ratones enfermos se recuperaron completamente dentro de las 2 semanas. Los ratones de control nunca mostraron signos de enfermedad. Se muestran valores promedio.

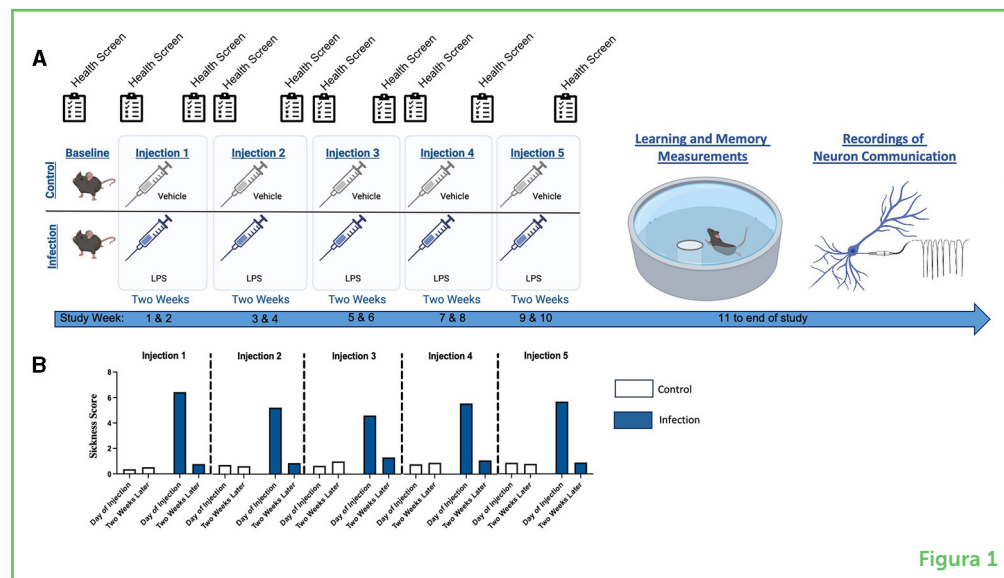


Figura 1

no estuvieran enfermos antes de recibir la siguiente inyección de LPS.

Ningún ratón mostró signos de enfermedad antes de que comenzaran las inyecciones. Como esperábamos, en general no vimos signos de enfermedad en los ratones que recibieron la solución salina de control. Pero cada vez que los ratones recibían LPS, mostraban comportamientos moderados de enfermedad. Estos comportamientos de enfermedad no duraban mucho. Justo antes de la siguiente exposición, todos los ratones tratados con LPS tenían puntajes de enfermedad similares a los ratones de control, lo que significaba que se habían recuperado de los efectos del LPS. ¡Estos datos indicaban que podíamos probar nuestra hipótesis sobre los efectos de múltiples infecciones en el cerebro!

ENFERMARSE VARIAS VECES DETERIORA LA MEMORIA Y EL APRENDIZAJE

A continuación, medimos cómo nuestros ratones aprendían y recordaban (Figura 1A). Dado que los ratones no pueden usar palabras para decirnos lo que saben, lo hicimos usando un laberinto de agua. Los ratones son nadadores naturales. El Dr. Richard Morris creó esta prueba hace unos 40 años. Los ratones fueron colocados en una gran tina de agua a temperatura ambiente (Figura 2). El agua fue teñida para ocultar una plataforma de salida justo debajo de la superficie. Los ratones nadaban alrededor del laberinto buscando la plataforma para poder salir del agua e ir a una jaula cálida a secarse. La habitación donde estaba el laberinto contenía puntos de referencia (por ejemplo: imágenes de diferentes formas geométricas) que ayudaban a los ratones a orientarse. Los ratones nadaban desde el punto de partida hasta la plataforma de salida oculta, cuya ubicación se

VARIABLE DEPENDIENTE

Una variable que es usada para determinar los efectos de manipulaciones experimentales, porque cambia bajo diferentes condiciones.

Figura 2

Medimos qué tanto los ratones aprendieron y recordaron usando el laberinto de agua de Morris. Los ratones que habían sido expuestos a LPS tuvieron problemas para recordar la ubicación de la plataforma entre días de prueba durante la primera mitad del entrenamiento (fase temprana de aprendizaje). Una mayor diferencia significa que olvidaron más la ubicación de la plataforma entre los días de prueba. No hubo diferencias en la segunda mitad de pruebas (fase tardía de aprendizaje) para ningún grupo de ratones.

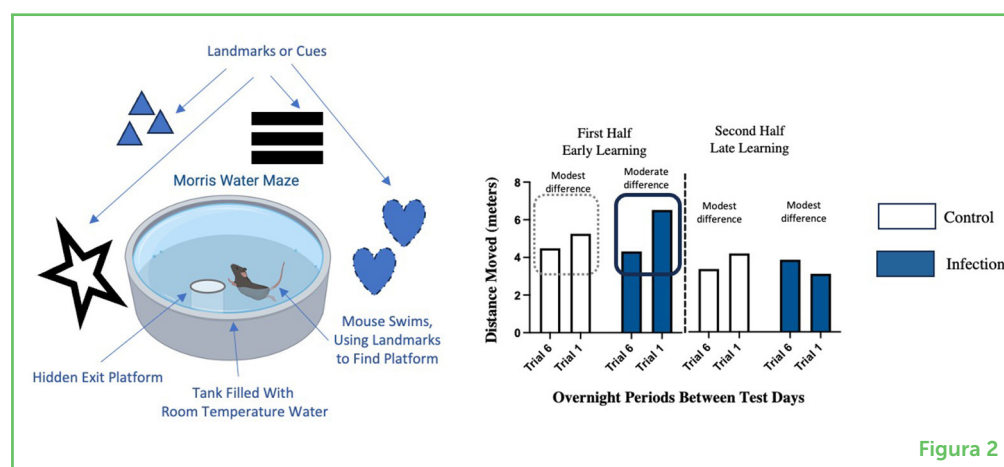


Figura 2

Antes del inicio de la prueba de memoria, todos los ratones mostraron puntajes similares de buena salud. Sin embargo, encontramos diferencias sutiles en cómo los ratones recordaron las cosas que les enseñamos (Figura 2). Para determinar qué tan bien los ratones recordaban la información que aprendían cada día, comparamos la distancia que ellos nadaron hacia la plataforma de salida en la última prueba de cada día (prueba 6) con la distancia en la primera prueba del día siguiente (prueba 1).

Los ratones que recibieron inyecciones de control pudieron recordar mayormente la ubicación de la plataforma de salida entre los días de prueba. Sabemos esto porque los ratones de este grupo mostraron distancias similares en la prueba 6 y la prueba 1 durante esos días de prueba. Sin embargo, los ratones que experimentaron y se recuperaron repetidamente de las "infecciones" con LPS tuvieron más dificultades para recordar esta información entre los días de prueba. Sabemos esto porque estos ratones nadaron más en la primera prueba de cada día (prueba 1) en comparación con la última prueba del día anterior (prueba 6). Esto es un poco como cuando puedes olvidar los detalles de la ruta a la casa de un amigo si ha pasado algo de tiempo desde la última vez que lo visitaste, lo que te lleva a cometer algunos errores en el camino. Afortunadamente, este problema de memoria

HIPOCAMPO

Una pequeña región curva en el cerebro crucial para la formación de la memoria y la navegación espacial, que nos ayuda a recordar información y comprender nuestra ubicación física.

Figura 3

Medimos cómo las neuronas se comunican en el hipocampo registrando señales eléctricas. Antes de la estimulación (1-5 min), las neuronas de ambos grupos presentaban señales eléctricas similares. Luego, estimulamos neuronas vecinas y medimos las señales eléctricas producidas por la neurona receptora. Las neuronas de los ratones que experimentaron varias exposiciones al LPS mostraron una comunicación reducida en los primeros momentos. Los puntos representan la señal promedio. No todas las neuronas reciben o producen la misma señal, por lo que el rango de comunicación está indicado por las barras alrededor de los puntos.

fue breve y desapareció durante la segunda mitad del período de pruebas, a medida que los ratones nadaron más y aprendieron mejor la ubicación de la plataforma oculta. Esto sugiere que los ratones con un historial de “infecciones” de LPS tienen un poco más de dificultad para recordar información mientras la están aprendiendo por primera vez, pero, con práctica adicional para reforzar lo aprendido, pueden ponerse al nivel de los ratones del grupo de control.

ENFERMARSE VARIAS VECES CAMBIA LA COMUNICACIÓN ENTRE NEURONAS

A continuación, estudiamos cómo la experiencia con infecciones afecta a las neuronas en una parte del cerebro llamada el **hipocampo**, el cual es importante para el aprendizaje y la memoria (Figura 3). Las neuronas en el hipocampo controlan cómo aprendemos y recordamos las cosas al comunicarse entre sí. Las neuronas se comunican muy rápidamente, a una escala de milisegundos (1 milisegundo equivale a 0.001 s). Cuando las neuronas funcionan correctamente, podemos aprender y recordar cosas apropiadamente.

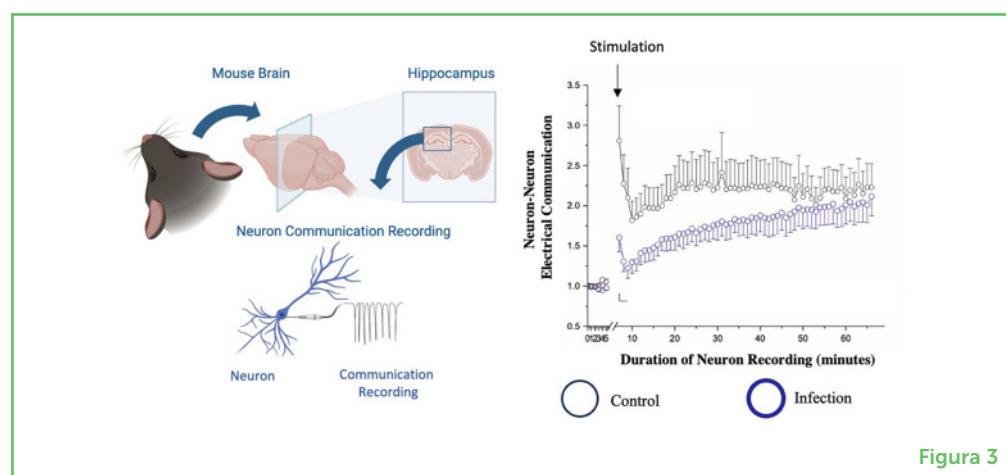


Figura 3

Las neuronas reciben información de algunas de sus neuronas vecinas y envían mensajes a otras mediante señales eléctricas. Los científicos pueden entender qué tan bien se están comunicando las neuronas utilizando herramientas especiales para medir estas comunicaciones eléctricas. Primero, observamos las señales de una neurona en el hipocampo para determinar su nivel normal de actividad eléctrica. Luego, estimulamos otra neurona, una que se comunica con la neurona del hipocampo que nos interesaba, y medimos qué tan bien se recibía esa señal de comunicación por la neurona del hipocampo midiendo su actividad eléctrica en respuesta. Esperamos que las neuronas aumentaran su actividad eléctrica a medida que recibían señales de la neurona vecina que habíamos estimulado. Hicimos esto tanto en neuronas de ratones expuestos a varias inyecciones de LPS

como en neuronas de ratones que recibieron inyecciones de control. Registramos las señales neuronales durante 1 hora.

Las neuronas de los ratones que experimentaron inyecciones repetidas de LPS o de control pudieron recibir las señales de sus neuronas vecinas. Ambos grupos también mostraron más comunicación después de la estimulación, como esperábamos. Curiosamente, las señales eléctricas de las neuronas de los ratones tratados con control fueron más fuertes que las de las neuronas de los ratones que habían sido expuestos a LPS, especialmente al comienzo del período de registro (**Figura 3**). Esto significa que en los ratones con un historial de exposición repetida al LPS, las neuronas del hipocampo eran menos capaces de recibir las señales de comunicación de otras neuronas en comparación con los ratones de control. Este deterioro parece recuperarse durante el período de registro de una hora, sin embargo, la interrupción temprana de la comunicación aún afecta negativamente el aprendizaje. Imagínate que estás en clase, escuchando a tu maestro explicar una tarea. Si solo recibes una parte de las instrucciones que da el maestro, tendrás más dificultades para realizar la tarea correctamente y obtener una buena calificación. En general, enfermarse con frecuencia puede afectar negativamente el aprendizaje y la memoria, como vimos en nuestro laberinto de agua.

¿QUÉ APRENDIMOS EN GENERAL?

Las infecciones son una parte normal de la vida. Les ocurren a casi todas las personas y animales. Sin embargo, algunas infecciones suceden con mayor frecuencia en algunos organismos que en otros. Aprendimos que algunas de las neuronas en los hipocampos de los ratones que tuvieron varias experiencias recurrentes con LPS no se comunicaban tan bien como lo harían normalmente. Esto correspondía con pequeñas dificultades para recordar información que los ratones estaban aprendiendo, al menos al principio. Estos efectos en la memoria y el aprendizaje sucedieron después del último tratamiento con LPS, cuando los ratones estaban saludables y nos mostraban síntomas de enfermedad.

Esta información es útil porque brinda a los científicos y médicos un conocimiento importante sobre cómo las infecciones pueden afectar a las personas a largo plazo. Esto es especialmente importante para las personas mayores, cuyas funciones cognitivas podrían deteriorarse con la edad. Nuestros datos podrían revelar nuevas formas de reducir los cambios en el cerebro y la memoria que tienden a ocurrir a medida que las personas envejecen. Por ejemplo, tal vez los investigadores descubran nuevas formas de tratar infecciones que ayuden a evitar estos problemas de aprendizaje y memoria.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. En primer lugar, solo utilizamos ratones macho, por lo que nuestro trabajo futuro debe incluir ratones hembra. En segundo lugar, el LPS es un modelo de infecciones bacterianas, pero otros microbios, como los virus, hongos y parásitos, también pueden infectar a las personas y afectar el funcionamiento del cerebro. Recientemente completamos un estudio utilizando infecciones virales para aprender cómo otros microbios afectan al cerebro [7]. Finalmente, debemos examinar formas potenciales de prevenir los efectos en el cerebro y el comportamiento que acompañan a un gran número de infecciones.

Un punto clave de este estudio es que minimizar las infecciones puede proteger nuestros cerebros y mantener nuestra capacidad para pensar y recordar cuando envejecemos (Figura 4). Mantenerse saludables, por ejemplo, recibiendo vacunas anuales contra la influenza, puede reducir nuestras posibilidades de contraer infecciones serias. Podemos también limitar la propagación de infecciones a familia y amigos practicando buena higiene, tal como lavarse las manos de forma apropiada. Si nos enfermamos, podemos distanciarnos socialmente y usar tapabocas en áreas cerradas con mucha gente, como supermercados o salones de clase. En resumen, experimentar infecciones ocasionales es parte de la vida de todos, pero mantenerse lo más saludables posible puede ayudar a mantener nuestro cerebro a su máximo potencial a medida que envejecemos.

Figura 4

Este esquema resume los hallazgos e implicaciones de nuestro estudio. Enfermarse ocasionalmente es normal, pero algunas personas se enferman con más frecuencia que otras (arriba a la izquierda). Esto puede resultar en efectos perjudiciales para nuestro cerebro y la forma en que aprendemos y recordamos (arriba a la derecha). Necesitamos entender qué tipo de efectos podrían ser, quién podría estar en mayor riesgo de sufrir estas consecuencias y qué podemos hacer al respecto. Podemos reducir nuestro riesgo de infección practicando una buena higiene (como lavarnos las manos), recibiendo nuestras vacunas anuales contra la influenza, y usando el distanciamiento social o tapabocas (abajo en el centro).

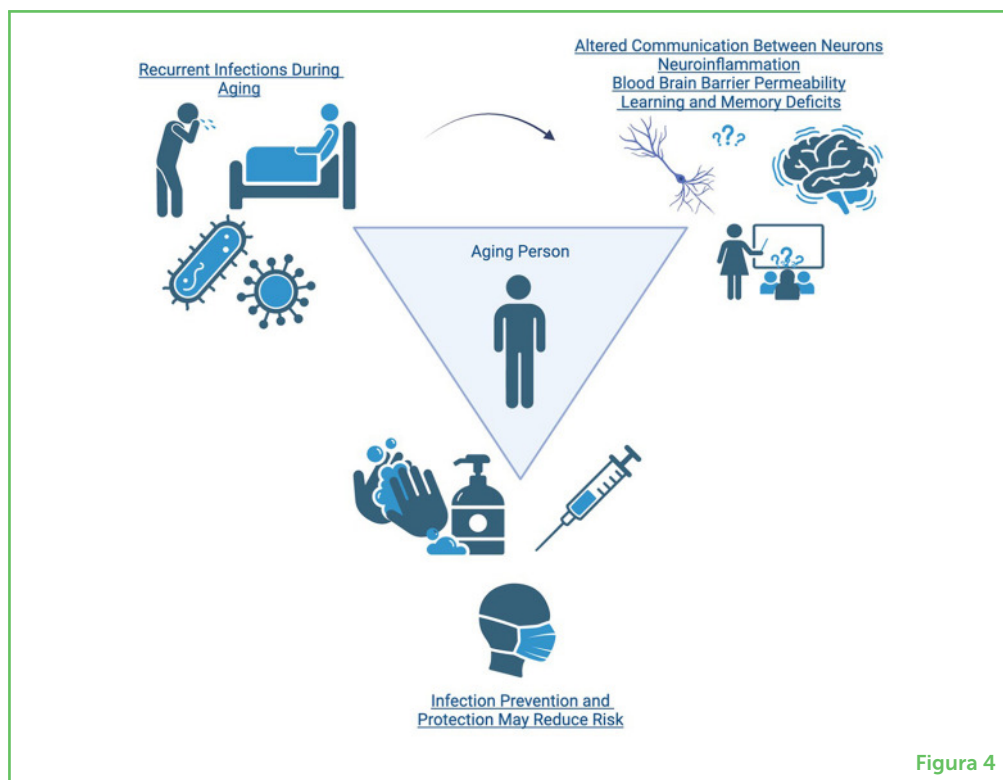


Figura 4

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por: K01MH117343, U54GM104942, P20GM109098, P20GM103629, T32AG052375, R01AG082899, y estudios pilotos de la Sociedad de Enfermedades Infecciosas de América (IDSA) y el Instituto del Cerebro de Tulane. Agradecemos el apoyo del Núcleo de Comportamiento de Roedores de la Universidad de Virginia Occidental. Las figuras se reproducen con permiso de: Engler-Chiurazzi EB, Russell AE, Povroznik JM, McDonald KO, Porter KN, Wang DS, Hammock J, Billig BK, Felton CC, Yilmaz A, Schreurs BG, O'Callaghan JD, Zvezdaryk KJ, Simpkins JW. Intermittent systemic exposure to lipopolysaccharide- induced inflammation disrupts hippocampal long-term potentiation and impairs cognition in aging male mice. *Brain Behav Immun*. 2023 Feb;108:279–291. doi: 10.1016/j.bbi.2022.12.013. Epub 2022 Dec 19. PMID: 36549577; PMCID: PMC10019559. Queremos agradecer a Julieth Gómez (Colombia) por su tiempo y experiencia en la traducción de este artículo para jóvenes hispanohablantes en todo el mundo.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Julieth Gómez** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Engler-Chiurazzi, E. B., Russell, A. E., Povroznik, J. M., McDonald, K. O., Porter, K. N., Wang, D. S., et al. 2023. Intermittent systemic exposure to lipopolysaccharide-induced inflammation disrupts hippocampal long-term potentiation and impairs cognition in aging male mice. *Brain Behav. Immun*. 108:279–91. doi: 10.1016/j.bbi.2022.12.013

REFERENCIAS

1. Batista, C. R. A., Gomes, G. F., Candelario-Jalil, E., Fiebich, B. L., and de Oliveira, A. C. P. 2019. Lipopolysaccharide-induced neuroinflammation as a bridge to understand neurodegeneration. *Int. J. Mol. Sci.* 20:92293. doi: 10.3390/ijms20092293
2. Harris, S. A., and Harris, E. A. 2015. Herpes simplex virus type 1 and other pathogens are key causative factors in sporadic Alzheimer's disease. *J. Alzheimer's Dis.* 48:319–53. doi: 10.3233/JAD-142853
3. Katan, M., Moon, Y. P., Paik, M. C., Sacco, R. L., Wright, C. B., and Elkind, M. S. 2013. Infectious burden and cognitive function: the Northern Manhattan Study. *Neurology* 80:1209–15. doi: 10.1212/WNL.0b013e3182896e79
4. Strandberg, T. E., Pitkala, K. H., Linnavuori, K., and Tilvis, R. S. 2004. Cognitive impairment and infectious burden in the elderly. *Arch. Gerontol. Geriatr. Suppl.* 9:419–23. doi: 10.1016/j.archger.2004.04.053

5. Engler-Chiurazzi, E. B., Russell, A. E., Povroznik, J. M., McDonald, K. O., Porter, K. N., Wang, D. S., et al. 2023. Simpkins: intermittent systemic exposure to lipopolysaccharide-induced inflammation disrupts hippocampal long-term potentiation and impairs cognition in aging male mice. *Brain Behav. Immun.* 108:279–91. doi: 10.1016/j.bbi.2022.12.013
6. Catorce, M. N., and Gevorkian, G. 2016. LPS-induced murine neuroinflammation model: main features and suitability for pre-clinical assessment of nutraceuticals. *Curr. Neuropharmacol.* 14:155–64. doi: 10.2174/1570159x14666151204122017
7. Harrison, M. A. A., Morris, S. L., Rudman, G. A., Rittenhouse, D. J., Monk, C. H., Sakamuri, S. S. V. P., et al. 2024. Intermittent cytomegalovirus infection alters neurobiological metabolism and induces cognitive deficits in mice. *Brain Behav. Immun.* 117:36–50. doi: 10.1016/j.bbi.2023.12.033

EDITOR: Becca Peixotto

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: Katherine Lynn Croff Bell

CITACIÓN: Engler-Chiurazzi EB, Zwezdaryk KJ y Sweeten BLW (2025) ¿Enfermarse frecuentemente afecta la forma en que funcionan nuestras células del cerebro y la forma cómo aprendemos y recordamos? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2024.1374337-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Engler-Chiurazzi EB, Zwezdaryk KJ and Sweeten BLW (2024) Does Getting Sick More Often Impact the Way Our Brain Cells Work and How We Learn and Remember?. *Front. Young Minds* 12:1374337. doi: 10.3389/frym.2024.1374337

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Engler-Chiurazzi, Zwezdaryk y Sweeten. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JOVEN REVISOR

ESCUELA SECUNDARIA QUEST MONTESSORI, EDADES: 12–14

Los estudiantes de 7° y 8° grado en la Escuela Secundaria Quest Montessori disfrutan aprender mientras se divierten. También nos gusta conversar y reír sobre nada en particular. Tenemos muchas actividades que nos ayudan a mejorar nuestras habilidades, como dirigir nuestro propio micronegocio, nuestro equipo de robótica y



la "OrQuestra". ¡Estamos emocionados de agregar la revisión de artículos científicos a esa lista!

AUTORES



ELIZABETH B. ENGLER-CHIURAZZI

La Dra. Liz Engler-Chiurazzi es profesora asistente en la Universidad de Tulane en Nueva Orleans. Su investigación tiene como objetivo descubrir cómo interactúan el sistema inmunológico y el cerebro, y lo que eso significa para la forma en que pensamos y sentimos. La Dra. Engler-Chiurazzi obtuvo su doctorado en psicología de la Universidad Estatal de Arizona en Tempe, Arizona. Está apasionada por la educación científica y la enseñanza sobre el cerebro, por lo que lidera el Comité de Extensión Comunitaria del Instituto del Cerebro de Tulane. *eenglerchiurazzi@tulane.edu



KEVIN J. ZWEZDARYK

El Dr. Kevin Zwezdaryk es profesor asistente en la Universidad de Tulane en Nueva Orleans. Su investigación busca determinar cómo las células del cuerpo producen y utilizan energía, y cómo la exposición a virus puede afectar ese proceso. El Dr. Zwezdaryk obtuvo su doctorado en ciencias biomédicas en la Universidad de Tulane, Luisiana.



BROOK L. W. SWEETEN

La Dra. Brook Sweeten es científica investigadora e instructora en la Universidad de Tulane en Nueva Orleans. Su investigación tiene como objetivo entender cómo el estrés altera las señales de comunicación en el cerebro. La Dra. Sweeten obtuvo su doctorado en ciencias biomédicas de la Escuela de Medicina de Virginia Oriental en Norfolk, Virginia. Es miembro del Comité de Extensión Comunitaria del Instituto del Cerebro de Tulane.

Spanish version provided by

Versión en español por





TRATANDO EL CÁNCER DESDE ADENTRO HACIA AFUERA

Jessica M. Fagerstrom* y Samantha Van Nest

Departamento de Radiooncología, Universidad de Washington, Seattle, WA, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



SANYA
EDAD: 10



TAPPAN
MIDDLE
EIDADES: 12–13



VICTOR
EDAD: 9

En este artículo hablaremos sobre un tratamiento especial que se usa para ayudar a personas que tienen cáncer. Este tipo de tratamiento se llama braquiterapia. La braquiterapia usa piezas pequeñas de materiales que emiten radiación para tratar el cáncer desde adentro hacia afuera. Exploraremos qué es radiación, qué significa que algo sea radiactivo y por qué la radiación puede ser usada para tratar el cáncer. Explicaremos los diferentes tipos de braquiterapia, puesto que algunas veces los doctores usan pequeñas cápsulas implantadas y otras veces usan un robot especial. Al final del artículo, veremos cómo este tratamiento puede ser usado para diferentes tipos de cáncer.

BRAQUITERAPIA

Un tipo de radioterapia en la que algo radiactivo se coloca dentro o muy cerca de un tumor.

RADIACIÓN

Energía, en forma de pequeñas partículas invisibles o de luz, que viaja de un lugar a otro.

CÁNCER

Cuando las células comienzan a crecer y a dividirse en exceso, las personas pueden enfermarse. A veces, el cáncer puede propagarse por el cuerpo de una persona, lo que puede ser muy perjudicial para la salud.

UNA FORMA ESPECIAL DE TRATAR EL CÁNCER

En este artículo hablaremos sobre una forma especial de tratar el cáncer desde adentro hacia afuera. Este tipo de tratamiento se llama **braquiterapia**. La palabra “braqui” proviene del griego que significa “corto”, es así como los y las profesionales de la salud usan la braquiterapia para tratar células malas que están a distancias muy cortas. Esto puede ser una herramienta útil para ayudar a personas que padecen de cáncer.

¿QUÉ ES LA RADIOACTIVIDAD?

El mundo que nos rodea está hecho de pequeños pedazos de materia llamados átomos. Los átomos se unen para formar el todo. Algunos átomos son poco comunes porque son inestables, como una torre hecha de bloques de construcción en la que algunos bloques están moviéndose o temblando. Estos átomos inestables parecen como si tuvieran mucha energía dentro de ellos. Para ser más estables, tienen que liberar un poco de energía. Cuando liberan energía, los bloques de construcción se asientan y así toda la torre está menos temblorosa. ¿Cómo luce un átomo que deja ir parte de su energía extra? En realidad, no podemos ver esto, pero lo que sí sabemos es que ondas muy pequeñas e invisibles son liberadas. Este proceso es llamado **radiación**. Los átomos que liberan energía de esta forma son llamados radioactivos. Hablaremos de cómo la radiación puede ser una herramienta muy beneficiosa para algunas personas que están enfermas.

¿POR QUÉ LA RADIACIÓN PUEDE AYUDAR A PERSONAS ENFERMAS?

Tal vez hayas oído hablar de la palabra “**cáncer**”, pero ¿qué es exactamente esto? Algunas personas se enferman cuando sus células crecen y se dividen en exceso. A veces estas células no saludables también se dispersan a otras partes de sus cuerpos. Estas células no saludables pueden salirse de control e impedir que el cuerpo de la persona funcione adecuadamente. En cierto modo, el cáncer es como cuando las malas hierbas se apoderan de un huerto de hortalizas. Si el jardinero no corta estas malas hierbas, ellas podrían apoderarse de todo el huerto y hacer que el crecimiento de los vegetales sea difícil. Felizmente, hay algunas formas en las que los y las profesionales de la salud pueden evitar que las células cancerosas se descontrolen. Una de estas formas es usando radiación [1]. Con la radiación, los y las profesionales de la salud necesitan ser muy cuidadosos al tratar las células no saludables y evadir las células saludables tanto como sea posible. La radiación con braquiterapia es una forma de hacer esto posible.

BRAQUITERAPIA: UNA HERRAMIENTA PARA PELEAR CONTRA EL CÁNCER

Imaginemos que estás acampando en la noche y que estás dentro de tu carpa. Quieres leer un libro, pero es muy oscuro. Si alguien que está afuera de la carpa enciende una linterna y apunta a tu libro, puede ser que te ayude; tal vez puedas leer algo, especialmente si la persona con la linterna no está muy lejos de ti. Si la persona con la linterna está *muy cerca* de la carpa, probablemente será más fácil leer tu libro. Pero si tú tienes la linterna dentro de la carpa y apuntas directamente a las páginas del libro, ¡ahí estás realmente a cargo! La braquiterapia es parecida a esta linterna, ya que los doctores administran una dosis de radiación súper cerca de las células tumorales en lugar de tratarlas desde más lejos [2].

Hay muchas maneras de tratar el cáncer con radiación. Puedes leer acerca del uso de los rayos X de un acelerador lineal para tratar el cáncer en otro artículo de *Frontiers for Young Minds*.

Cuando los y las profesionales de la salud usan los rayos X desde afuera del paciente, como con el acelerador lineal, es un poco como iluminar la linterna desde afuera de la tienda. Esta es una excelente opción, especialmente si los doctores pueden apuntar los rayos con mucho cuidado al objetivo. Otra opción de tratar el cáncer con radiación es usando pequeñas piezas de metales radioactivos. Si los doctores colocan la fuente radioactiva justo dentro del tumor que están tratando, las células cancerosas tendrán una dosis de radiación muy alta. Así es como se hace en la braquiterapia.

SEMILLAS RADIOACTIVAS Y ROBOTS EXTRA-ESPECIALES

Hay muchas maneras en las que los y las profesionales de la salud pueden brindar tratamientos de braquiterapia [3]. La primera de la que hablaremos es del uso de muchas cápsulas pequeñas llamadas semillas. Aunque sean llamadas semillas, ¡son muy diferentes al tipo de semillas que usas en tu jardín! Estas semillas son muy pequeñas —cada una de ellas es del tamaño de un arroz. Un médico puede implantar quirúrgicamente estas semillas directamente dentro de un tumor. Las semillas se quedan adentro y, porque son radioactivas, emiten radiación justo donde está el cáncer. Puedes ver una foto de las semillas de braquiterapia en la [Figura 1](#), y una foto mostrando el tratamiento usando esas semillas en la [Figura 2](#).

En otro tipo de braquiterapia, los profesionales de la salud usan un robot que se llama **cargador diferido remoto**, el cual controla dónde se coloca la fuente radioactiva en el paciente. Este robot puede mover la fuente a través de tubos especiales dentro del paciente. Cuando el tratamiento finaliza, el robot remueve la fuente del paciente. Cuando

CARGADOR DIFERIDO REMOTO

Un robot que controla la administración de algunos tipos de braquiterapia.

Figura 1

Semillas de braquiterapia, con un centavo al costado de las semillas para mostrar qué tan grandes son. Las semillas de braquiterapia son cápsulas pequeñas que pueden ser implantadas dentro del tumor. Son radioactivas, por lo que emiten radiación dentro de un tumor para tratar el cáncer (fotografía cortesía de Oak Ridge Associated Universities a través del Museo de Radiación y Radiactividad, usada con permiso. <https://orau.org/health-physics-museum/collection/brachytherapy/seeds.html>, Derechos de autor Oak Ridge Associated Universities, 2023).



Figura 1

Figura 2

Las semillas radioactivas de braquiterapia en un tumor del seno. Las semillas emiten radiación que puede eliminar a las células tumorales que están cerca de las semillas (imagen generada usando BioRender.com).

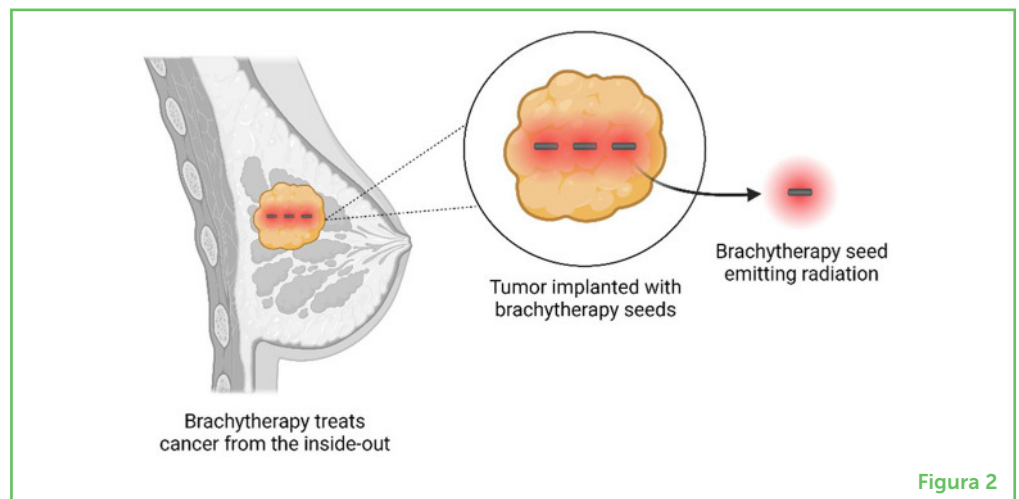


Figura 2

esta fuente de radiación no está siendo utilizada en el tratamiento, esta se ubica en un contenedor dentro del robot. Este contenedor está hecho de plomo, por lo que bloquea la radiación. El cargador diferido remoto se puede controlar desde fuera de la sala de tratamiento, así el doctor y los otros miembros del equipo de atención médica pueden estar afuera de la sala mientras la fuente de radiación está afuera de su contenedor especial y esté siendo usada para tratar al paciente. Esto hace que la administración de radioterapia sea más segura para el equipo médico, ya que no estarían expuestos a la radiación cada vez que tratan a un paciente. Puedes ver una foto del robot de braquiterapia en la [Figura 3](#).

Figura 3

Un cargador diferido remoto usado en la braquiterapia. Este robot puede ser usado para enviar la fuente radiactiva desde adentro, y luego sacarlo nuevamente cuando el tratamiento haya finalizado. El robot mide algo de 4 pies, o un poco más de un metro (foto cortesía de Ximin Du).



Figura 3

¿QUÉ TIPOS DE CÁNCER PUEDEN SER TRATADOS CON BRAQUITERAPIA?

La braquiterapia puede ser usada para tratar muchos tipos de cáncer. Por ejemplo, los doctores pueden usar la braquiterapia para ayudar a personas que necesiten tratamientos de radiación para sus senos, pulmones, piel u ojos. La braquiterapia puede ser usada para tratar el cáncer en la próstata de los hombres o en las zonas reproductivas de las mujeres. A veces, algunas personas necesitan más de un tipo de tratamiento. Por ejemplo, los doctores a veces usan drogas especiales o cirugía, además de la terapia con radiación. Otras veces, algunos pacientes reciben incluso más de un tipo de tratamiento de radiación, como cuando son tratados de afuera hacia adentro y luego de adentro hacia afuera. Cuando una persona recibe braquiterapia, se la administra un doctor que es llamado **oncólogo radioterapeuta**. Estos doctores saben mucho sobre cómo tratar el cáncer con radiación. El doctor del paciente ayudará a decidir el mejor tipo de tratamiento para el paciente, y el doctor también elaborará un plan sobre la mejor manera de tratar ese cáncer. Este médico o médica trabajará con un gran equipo de personas en el hospital para garantizar que el o la paciente sea tratado de manera segura [4].

ONCÓLOGO RADIOTERAPEUTA

Un doctor que usa radiación para tratar a pacientes que sufren de cáncer.

RESUMEN

En este artículo hablamos de una forma en la que los doctores tratan el cáncer. La braquiterapia es un tipo de terapia radiactiva, en la que la radiación es administrada súper cerca de las células cancerosas. A veces, la radiación es incluso administrada desde adentro del tumor. Los doctores pueden usar unas pequeñas cápsulas radiactivas llamadas semillas, o pueden usar un robot especial que administra el tratamiento de la braquiterapia. Cualquier forma de administración de braquiterapia puede ser una herramienta útil para ayudar a personas que padecen de cáncer.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a la organización IF/THEN y a Ximin Du.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Malu Ore-Rengifo**, Perú, Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

REFERENCIAS

1. Hall, E. J., and Giaccia, A. J. 2006. *Radiobiology for the Radiologist*, 6th Edn (Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins). p. 19.
2. Khan, F. M. 2003. *The Physics of Radiation Therapy*, 3rd Edn (Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins). p. 357.
3. Podgorsak, E. B. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students* (Vienna: International Atomic Energy Agency). p. 451.
4. Nath, R., Anderson, L. L., Meli, J. A., Olch, A. J., Stitt, J. A., and Williamson, J. F. 1997. Code of practice for brachytherapy physics: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56. *Med. Phys.* 24, 1557–1598.

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Monica Cartelle Gestal**, **Parvathy Venugopal**, y **Pamela T. Wong**

CITACIÓN: Fagerstrom JM y Van Nest S (2025) Tratando el cáncer desde adentro hacia afuera. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1378550-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Fagerstrom JM and Van Nest S (2024) Treating Cancer From the Inside Out. *Front. Young Minds* 12:1378550. doi: 10.3389/frym.2024.1378550

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Fagerstrom y Van Nest. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES



SANYA, EDAD: 10

Mi nombre es Sanya y estoy actualmente en 5to grado. Mis pasatiempos son dibujar, leer novelas de misterio, pasar tiempo en la playa con mis amigos, hornear y viajar con mi familia. Amo escuchar y leer acerca de nuevos descubrimientos en tecnología y salud.



TAPPAN MIDDLE, EDADES: 12–13

Este artículo fue revisado por Amykay, Andrea, Keira y Marysol, un grupo pequeño de alegres y brillantes estudiantes de séptimo grado en la clase de ciencias de la Srta. Frantom en la escuela secundaria Tappan en Ann Arbor, Michigan, EE. UU. Los estudiantes de Tappan alcanzan niveles altos con la ayuda de educadores capacitados, eficaces y culturalmente competentes. Completamos esta revisión con la ayuda de nuestra mentora de la UofM, la Dra. Pamela Wong.



VICTOR, EDAD: 9

A Victor le gustan la matemática y la ciencia. Él también se pregunta sobre la magia del mundo, cómo y por qué las cosas suceden. Su pasión es entender cómo las enfermedades pasan, cómo trabaja el cuerpo, y por qué cuando nos enfermamos nuestro cuerpo está en modo “sistema defectuoso”. Cuando crezca, él quiere ser un científico porque así “puedes jugar en el laboratorio y probar hipótesis”.

AUTORES

JESSICA M. FAGERSTROM

La Dra. Fagerstrom es una física médica, lo que significa que trabaja en el campo aplicado a la física para preguntas en medicina. Ella es parte del equipo de trabajadores médicos que aseguran que los pacientes sean tratados con seguridad durante la radiación. Su doctorado en física médica es de la Universidad de Wisconsin y su programa de máster e instrucción en ciencias es de la



Universidad de Washington. Está certificada por la Junta Estadounidense de Radiología. *jfagerst@uw.edu



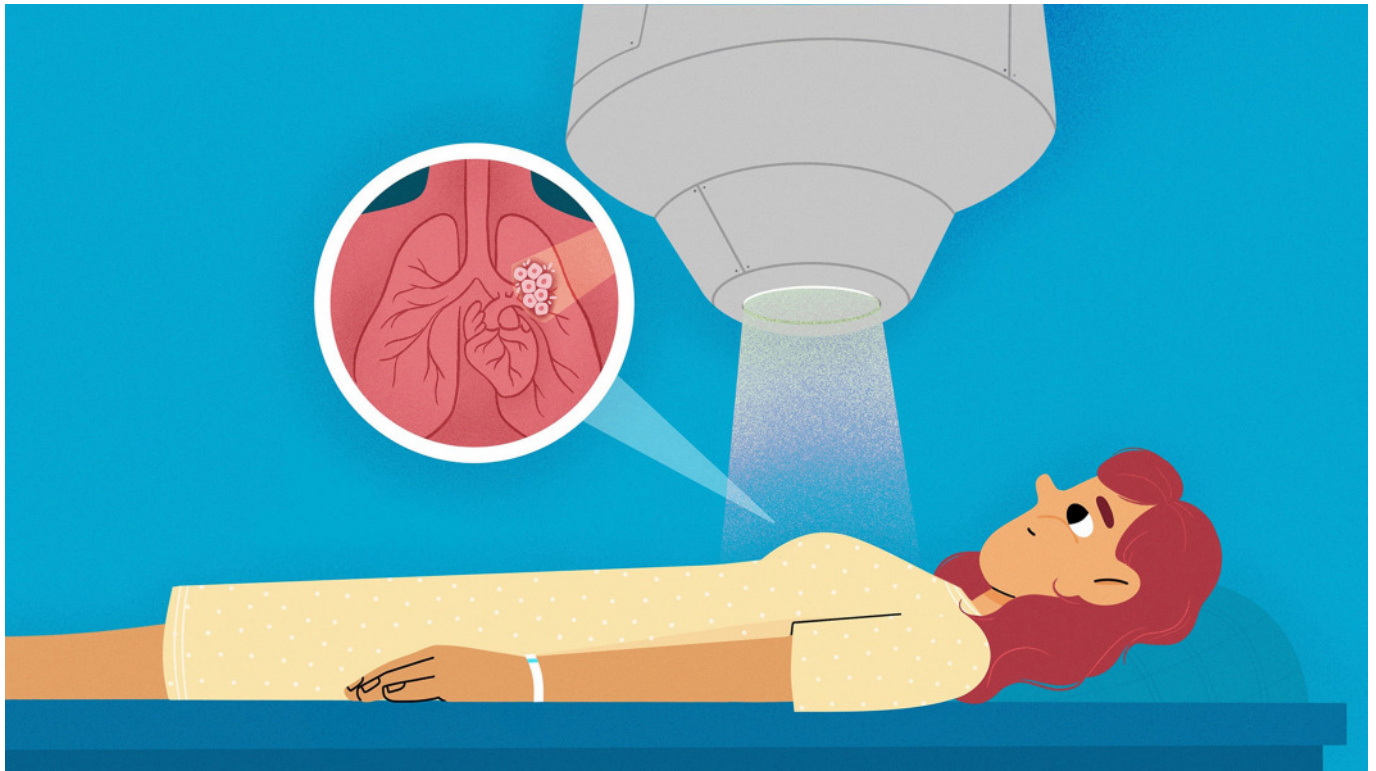
SAMANTHA VAN NEST

La Dra. Van Nest es una residente en física médica, lo que significa que está recibiendo capacitación en el trabajo para aplicar la física a los tratamientos médicos que utilizan radiación. Ella obtuvo su doctorado y maestría en física médica en la Universidad de Victoria.

Spanish version provided by

Versión en español por





APUNTANDO A OBJETIVOS MÓVILES EN EL TRATAMIENTO DEL CÁNCER

Jessica M. Fagerstrom^{1*}, Victoria N. Bry^{1†}, Caroline M. Colbert^{1†} y Cheyann Windsor^{2†}

¹Departamento de Oncología Radioterápica, Universidad de Washington, Seattle, WA, Estados Unidos

²Centro de Física Médica del Noroeste, Lynnwood, WA, Estados Unidos

[†]Estos autores han contribuido igualmente a este trabajo

JÓVENES REVISORES:



ELISA
EDAD: 14



TOBY
EDAD: 12

En este artículo, exploraremos cómo se puede usar la radiación para tratar el cáncer. La radiación para la terapia contra el cáncer consiste en partículas de alta energía o luz que pueden dañar las células vivas, incluidas las células cancerosas. Los rayos de radiación se pueden generar utilizando una máquina especial, llamada acelerador lineal, y están dirigidos con precisión al cáncer de un paciente. Cuando el cáncer se encuentra cerca de los pulmones del paciente, el cáncer se mueve a medida que el paciente inhala y exhala. Golpear el cáncer con el rayo de radiación puede ser difícil cuando éste no se queda quieto. Es un poco cómo tratar de acertar un objetivo en movimiento en un videojuego. En ese caso, hay algunos trucos que los pacientes y los trabajadores en radioterapia pueden usar para asegurarse de que el rayo de radiación golpee el cáncer y no afecte a los órganos sanos.

CÁNCER

Es una enfermedad en la que las células comienzan a crecer y, a veces, a propagarse de una manera anormal que puede causar problemas en el cuerpo de una persona. Los tumores pueden ser cancerosos.

RADIACIÓN

Energía que puede viajar de un lugar a otro. Cuando la radiación tiene suficiente energía, puede ser perjudicial para las células vivas.

ACELERADOR LINEAL

Una máquina que genera, da forma y dirige rayos de radiación a las células cancerosas.

¿QUE ES EL CÁNCER?

Cuando una persona tiene **cáncer**, tiene células en su cuerpo que pueden aumentar en número rápidamente y enfermarlas. Una forma para hacer más lento o detener el cáncer es mediante el uso de un tipo de **radiación**. La radiación es energía, en forma de partículas o luz, que puede viajar de un lugar a otro. Una forma de radiación que vemos todos los días es la luz del sol. Otros tipos de radiación tienen suficiente energía para viajar a través de objetos sólidos, como el cuerpo de una persona. Este tipo de radiación se llama radiación de rayos X y puede ser utilizada por los dentistas para tomar imágenes de los dientes. La radiación utilizada para tratar el cáncer tiene una energía aún mayor. Esta radiación de alta energía puede causar mucho daño a las células del cuerpo, por lo que los científicos dirigen los rayos de radiación a las células cancerosas para dañarlas y evitar que crezcan y se propaguen. La radiación puede dañar tanto a las células sanas como a las células cancerosas, por lo que es importante tener cuidado de dirigir la radiación a las células cancerosas mientras se evitan las células y órganos sanos del paciente tanto como sea posible [1].

¿DE DONDE VIENE LA RADIACIÓN?

Los científicos usan una máquina llamada **acelerador lineal** para crear rayos de radiación que son usados para el tratamiento del cáncer. Esta máquina acelera partículas diminutas llamadas electrones a una velocidad muy alta, ¡cercana a la velocidad de la luz! Estos electrones veloces chocan con una pieza de metal, lo que provoca la liberación de grandes cantidades de radiación utilizada para la terapia contra el cáncer [2]. Puedes aprender más sobre aceleradores lineales en *otro artículo en Frontiers para Mentres Jóvenes*. La **Figura 1** muestra una imagen de un acelerador lineal en un hospital.

Crear rayos de radiación no es lo único que pueden hacer los aceleradores lineales: también pueden cambiar la forma del rayo de radiación y apuntarlo en diferentes direcciones. Un acelerador lineal es como una linterna. Al igual que puedes encender una linterna, un científico puede encender un acelerador lineal. Puedes mover la linterna para cambiar la dirección del rayo de luz, y un científico puede cambiar la dirección del rayo de radiación moviendo piezas dentro del acelerador lineal. También puedes poner tu mano delante de la linterna para hacer sombras de diferentes formas. Los científicos pueden hacer lo mismo con piezas gruesas de metal que bloquean parte del rayo de radiación y cambian su forma.

Figura 1

Foto de un acelerador lineal utilizado para crear rayos de radiación para tratar el cáncer.



Figura 1

¿QUÉ SUCEDE CUANDO UN PACIENTE CON CÁNCER ES TRATADO CON RADIACIÓN?

A veces, los médicos tratan el cáncer con radiación, a veces usan medicamentos llamados quimioterapia y, otras veces, remueven el cáncer con una cirugía. Muchos pacientes con cáncer reciben **radioterapia** como parte de su tratamiento; de hecho, hubo alrededor de dos millones de nuevos casos de cáncer en los Estados Unidos en 2023, y aproximadamente la mitad de esos pacientes recibieron radioterapia [3, 4]. Cuando un paciente necesita radioterapia, un equipo de atención médica trabaja para administrar el tratamiento de manera cuidadosa y segura. Antes de la radioterapia, el paciente se acuesta sobre una superficie plana para que su médico puede tomar una imagen tridimensional de su cuerpo, llamada tomografía axial computarizada o TAC. Esta TAC muestra dónde se encuentra el cáncer, y el equipo de radiación utiliza la imagen para diseñar un tratamiento que dañe las células cancerosas y evite las células sanas.

RADIOTERAPIA

Tipo de tratamiento utilizado para dañar las células cancerosas mediante rayos de radiación de alta energía.

Cuando llega el momento del tratamiento, el paciente se acuesta en la misma posición en la que estuvo para su TAC, y el rayo de radiación del acelerador lineal se coloca cuidadosamente para atacar el cáncer del paciente. Las posiciones del paciente y el rayo de radiación deben ser exactamente correctas, ya que es importante evitar dañar las células u órganos sanos mientras se asegura que las células cancerosas reciban la cantidad correcta de radiación.

¿QUÉ SUCEDE CUANDO EL OBJETIVO SE MUEVE?

Cuando un paciente recibe radioterapia, debe permanecer muy quieto mientras su equipo de atención médica lo coloca en posición y dirige el rayo de radiación al lugar correcto. Pero, ¿qué pasa si un paciente tiene cáncer en una parte de su cuerpo que se está moviendo? Por ejemplo, cuando respiras, puedes ver que tu pecho se mueve porque tus pulmones están cambiando de forma. Cuando inhalas, tus pulmones aumentan de tamaño y se llenan de aire.

Cuando exhalas, tus pulmones disminuyen de tamaño. Si un paciente tiene cáncer en/o cerca de sus pulmones, esto puede hacer que apuntar los rayos de radiación sea más complicado que cuando el objetivo no se está moviendo. Puedes pensar en esto como un videojuego en el que el jugador debe acertar a un objetivo con un cañón. En los niveles fáciles, el objetivo se queda quieto. En los niveles más difíciles, el objetivo se mueve. En los niveles aún más difíciles, el objetivo se mueve y también puede acercarse a otros objetos que el jugador está tratando de no golpear. Esto se parece mucho a la radioterapia: el objetivo son las células cancerosas y el cañón es la radiación de alta energía.

A veces el equipo de radiación puede usar herramientas especiales que ayudan a controlar el movimiento, esto es llamado **gestión del movimiento**. El cáncer de mama es un buen ejemplo. El cáncer de mama es una enfermedad común, con alrededor de 300,000 nuevos casos en los Estados Unidos en 2023 [3]. Cuando las pacientes reciben tratamiento para el cáncer de mama mediante radiación, el equipo de radiación a menudo quiere tratar todo el seno. Ellos necesitan pensar en qué otras células sanas están cerca del objetivo para no dañar esas células. Por ejemplo, si una paciente está siendo tratada por cáncer de mama en el lado izquierdo, su corazón está cerca del objetivo. Los científicos también deben tener en cuenta lo que le pasa al objetivo cuando la paciente está respirando, ya que esto puede hacer que el objetivo se mueva.

Podemos usar algunas estrategias especiales para golpear el objetivo (el seno) sin golpear el objeto que estamos tratando de evitar (el corazón). La paciente puede ser de gran ayuda con el manejo del movimiento: puede respirar profundamente y contener el aire durante unos 20 segundos. Cuando lo hacen, sus pulmones se llenan de

GESTIÓN DE MOVIMIENTO

Estrategias en radioterapia para asegurarse de que la radiación alcance el objetivo con precisión, incluso cuando el objetivo puede moverse.

Figura 2

Imágenes transversales de una paciente acostada para ser tratada por cáncer de seno. A la izquierda, la paciente respira normalmente y el rayo de radiación dirigido al seno se acerca a parte del corazón de la paciente. Esto podría dañar el corazón. A la derecha, la paciente está conteniendo la respiración, lo que hace que los pulmones se expandan y empujen el seno lejos del corazón, de modo que se puede tratar el cáncer de seno sin dañar el corazón.

Radiation Beam: Rayo de radiación;
Heart: Corazón;
Right Lung: Pulmón derecho;
Left Lung: Pulmón izquierdo;
Breast Tissue: Tejido mamario/tejido del seno;
Normal Breathing: Respiración normal;
Holding Breath In: Inhalación de respiración profunda.

INSPIRACIÓN PROFUNDA MANTENIDA

Una técnica en radioterapia en la que la paciente respira profundamente y contiene la respiración durante el tratamiento.

aire y su pecho se aleja un poco más de su corazón (Figura 2). Mientras la paciente está conteniendo la respiración, el acelerador lineal se puede encender, por lo que la radiación se administra solo durante el corto período de tiempo que la paciente está conteniendo la respiración.

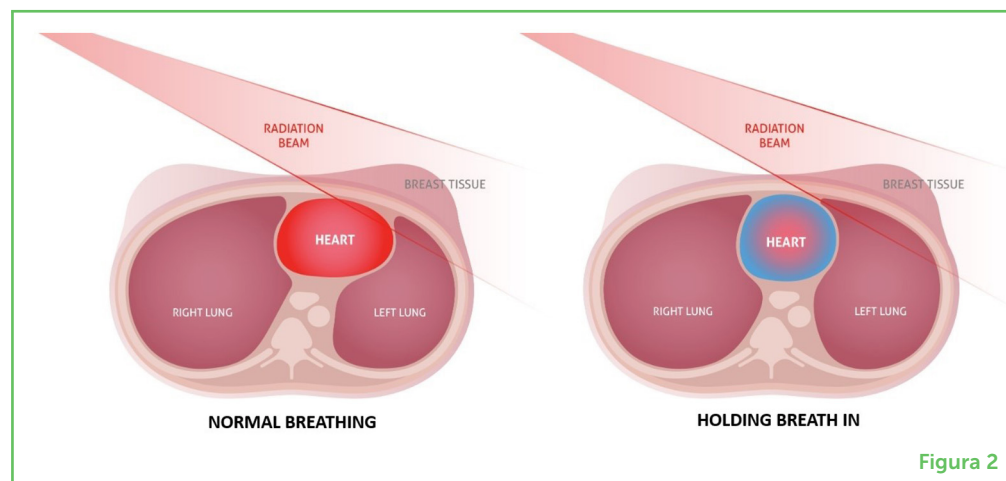


Figura 2

Esto permite que el rayo de radiación irradie la mama mientras evita el corazón. Esta estrategia se llama **inspiración profunda mantenida**. En medicina, la palabra "inspiración" significa "inhalar". La paciente respira profundamente ("inspiración profunda") y luego retiene el aire durante el tratamiento ("retención de la respiración").

Cuando miras la Figura 2, puede que no parezca una diferencia muy grande entre tratar con una respiración normal y tratar con la paciente conteniendo la respiración. Pero este pequeño cambio puede hacer que el tratamiento sea mucho más seguro para la paciente, ¡así que es importante hacerlo!

La mayoría de las personas no pueden contener la respiración durante mucho más de 20 segundos. Dado que a veces lleva demasiado tiempo administrar toda la radiación necesaria mientras la paciente contiene una respiración, es posible que se le pida a la paciente que sostenga la respiración varias veces. En ese caso, la radiación se detiene y la paciente tiene un descanso para respirar normalmente durante un tiempo. Cuando la paciente está lista, hace otra respiración profunda y la mantiene, y el rayo de radiación se vuelve a encender para continuar el tratamiento.

El cáncer de seno no es la única enfermedad en la que hay movimiento debido a la respiración. Cuando un paciente tiene un tumor en los pulmones, el hígado o el páncreas, el equipo de radiación puede usar estrategias similares para asegurarse de que alcance el objetivo y evite el tejido sano, al igual que con el cáncer de seno.

RESUMEN

La radiación es una herramienta que puede ayudar a los pacientes con cáncer. Al tratar un objetivo con radiación, es muy importante golpear el lugar correcto y evitar el tejido sano que se encuentra en la misma región.

Las estrategias de gestión del movimiento ayudan a lograr esto, incluso cuando el objetivo está cerca de partes del cuerpo que se mueven. Los pacientes pueden ayudar con su propio tratamiento, utilizando técnicas como la respiración de inspiración profunda, para asegurarse de que las células cancerosas se traten con radiación de alta energía mientras las células sanas se mantienen seguras.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a la organización IF/THEN.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Fabian Andres Reyes**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

REFERENCIAS

1. Lim, M. L. F. 2006. *Principles and Practice of Clinical Physics and Dosimetry*. Madison, WI: Advanced Medical Publishing, Inc., 1.
2. Karzmark, C. J., and Morton, R. J. 1998. *A Primer on Theory and Operation of Linear Accelerators in Radiation Therapy*, 2nd ed. Madison, WI: Medical Physics Publishing, 17.
3. Siegel, R. L., Miller, K. D., Wagle, N. S., and Jemal, A. 2023. Cancer statistics, 2023. *CA Cancer J. Clin.* 73:17–48. doi: 10.3322/caac.21763
4. Baskar, R., Lee, K. A., Yeo, R., and Yeah, K.-W. 2012. Cancer and radiation therapy: current advances and future directions. *Int. J. Med. Sci.* 9:193–9. doi: 10.7150/ijms.3635

EDITOR: **Becca Peixotto**

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: **Beatrice Ugiliweneza** y **Briana Pobiner**

CITACIÓN: Fagerstrom JM, Bry VN, Colbert CM y Windsor C (2025) Apuntando A Objetivos Móviles En El Tratamiento Del Cáncer. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1349460-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Fagerstrom JM, Bry VN, Colbert CM and Windsor C (2024) Hitting Moving Targets in Cancer Treatment. Front. Young Minds 12:1349460. doi: 10.3389/frym.2024.1349460

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de interés.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Fagerstrom, Bry, Colbert y Windsor. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES

ELISA, EDAD: 14

Elisa es una joven con una mente curiosa. Le apasiona mucho la ciencia, especialmente la relacionada con la salud. Está interesada en la investigación y le gustaría comenzar a involucrarse en la realización de sus investigaciones en algún momento en el futuro. Espera que, con su pensamiento crítico, su amor por los descubrimientos el área de la salud y su impulso, pueda contribuir a la ciencia a través de la revisión de revistas.

TOBY, EDAD: 12

Me gusta jugar videojuegos y tengo dos gatos.

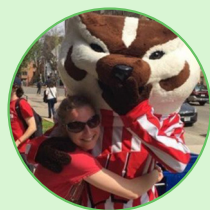
AUTORES

JESSICA M. FAGERSTROM

La Dra. Fagerstrom es física médica, lo que significa que trabaja en un campo que aplica la física a las preguntas en medicina. Forma parte de un equipo de trabajadores de la salud que se aseguran de que los pacientes sean tratados de manera segura con radiación. Su doctorado en física médica es de la Universidad de Wisconsin, y su maestría en educación es de la Universidad de Washington. Está certificada por la Junta Americana de Radiología. jfagerst@uw.edu

VICTORIA N. BRY

La Dra. Bry es residente de física médica, lo que significa que ha completado la universidad y la escuela de posgrado y se está formando en un centro oncológico para convertirse en física médica certificada. Se entusiasmó con la física en la escuela secundaria porque explica cómo funciona el mundo que nos rodea. Obtuvo



su licenciatura en física en Colorado College y su doctorado en física médica de radioterapia en UT Health San Antonio. Su objetivo es participar en investigaciones que mejoren la precisión y la calidad de la atención que reciben los pacientes en radioterapia.



CAROLINE M. COLBERT

La Dra. Colbert es una residente de física médica, lo que significa que ella es una física médica en formación. Cuando aprendió por primera vez sobre algunas de las aplicaciones científicas de la radiación en su clase de química de décimo grado, decidió seguir una carrera utilizando la radiación para mejorar la vida de los demás. Caroline estudió ingeniería nuclear en la universidad y luego fue a la escuela de posgrado para aprender más sobre el uso médico de la radiación. Trabaja con mentores como la Dra. Fagerstrom para aprender a administrar la radioterapia de manera segura. Su objetivo es utilizar la investigación científica para crear la próxima generación de tratamientos dirigidos contra el cáncer.



CHEYANN WINDSOR

Cheyann Windsor es residente de física médica, o una física médica en formación. Disfrutó de las ciencias físicas en la escuela secundaria y decidió obtener un título universitario en física. Mientras estaba en la universidad, encontró el campo de la física médica. Obtuvo su licenciatura y maestría en física médica de la Universidad de Toledo. Le gusta formar parte de un grupo de atención médica especializada y ayudar a los pacientes en su trabajo clínico diario.

Spanish version provided by

Versión en español por





CÓMO LA CIENCIA DE LOS VIDEOJUEGOS ESTÁ AYUDANDO A LOS NIÑOS A CAMINAR

Kirsten Tulchin-Francis*, Jessica Lewis, Mallory Rowan y Matthew Parrett

Centro Honda para el Análisis de la Marcha y la Mejora de la Movilidad (GAME), Departamento de Ortopedia, Hospital Pediátrico Nacional, Columbus, OH, Estados Unidos

JÓVENES REVISORES:



PRISHA

EDAD: 14
AÑOS



ZURI

EDAD: 14
AÑOS

¿Sabías que la misma tecnología que se usa para crear videojuegos y efectos especiales en películas puede ayudar a los científicos a entender mejor el movimiento humano? Durante la captura de movimientos, también llamada mocap (por sus siglas en inglés), se colocan pequeños círculos reflectivos, o marcadores, en puntos específicos del cuerpo de una persona. Los sistemas de captura de movimiento son sistemas que utilizan múltiples cámaras dentro de una sala para registrar el movimiento de los marcadores a medida que una persona camina, corre, salta o juega. La información recopilada por un sistema de captura de movimiento puede ser utilizada para ayudar a los médicos a definir cuál es el mejor tratamiento para mejorar la forma en que camina un niño. También se puede utilizar para determinar cuándo alguien está listo para volver a practicar algún deporte después de una lesión, prevenir lesiones o mejorar el rendimiento deportivo.

BIOMECÁNICO

Un científico que estudia el movimiento humano, lo que también se llama biomecánica.

CAPTURA DE MOVIMIENTO (MOCAP)

Un método utilizado para registrar el movimiento utilizando una o varias cámaras de movimiento o múltiples sensores colocados en el cuerpo de una persona.

ARTICULACIÓN

Una parte del cuerpo donde se encuentran dos huesos diferentes e interactúan entre sí.

LA CAPTURA DE MOVIMIENTO - MOCAP: ESTUDIANDO EL MOVIMIENTO DEL CUERPO HUMANO

Nos movemos todos los días. Algunos caminan, otros corren. Hay personas que se desplazan en silla de ruedas de un lugar a otro. Puede que estés caminando hacia la escuela, jugando con una pelota de softball, lavándote los dientes o comiendo un pedazo de pizza; en todos estos casos, estás moviendo al menos una parte de tu cuerpo. Los científicos que estudian el movimiento son conocidos como **biomecánicos**. La biomecánica es el estudio del movimiento humano.

¿Te has dado cuenta de que los personajes principales de las películas animadas o de los videojuegos se parecen y se mueven como actores de la vida real? Seguramente, para crear esos personajes se utiliza una técnica llamada **captura de movimiento** (mocap, por sus siglas en inglés). Personajes como el increíble Hulk, películas animadas como *Happy Feet: El pingüino y el expreso polar*, y videojuegos como *Guitar Hero* y *FIFA 22* han utilizado la captura de movimiento con actores de la vida real para lograr movimientos realistas en sus personajes animados.

La captura de movimiento es un método para registrar el movimiento de forma digital. Para estos registros se utilizan una o más cámaras, o una serie de sensores colocados en el cuerpo de una persona. El sistema de captura de movimiento reconoce cada parte del cuerpo que se desea medir y puede capturar entre 100 y 250 imágenes por segundo. Esto proporciona una descripción detallada de cómo se mueve el cuerpo en tres dimensiones (3D): hacia adelante y hacia atrás, de lado a lado y hacia arriba y hacia abajo. En las películas y los videojuegos, los personajes parecen tener movimientos reales gracias a la tecnología de la captura de movimiento.

TIPOS DE CAPTURA DE MOVIMIENTO

El movimiento se puede medir de muchas maneras, y la mejor forma de hacerlo depende de lo que queramos estudiar. Por ejemplo, en una competencia de atletismo, podemos medir qué tan rápido corre una persona o qué tan lejos o alto puede saltar. Este tipo de análisis se enfoca en evaluar el movimiento del cuerpo de una persona. Sin embargo, para entender cómo alguien corre más rápido o salta más lejos, los biomecánicos analizan específicamente los movimientos de las **articulaciones**. Una articulación es el lugar donde se unen dos o más huesos del cuerpo. Por ejemplo, la articulación del tobillo incluye tres huesos: la tibia y el peroné, que forman parte de la pierna, y el astrágalo, que forma parte del tobillo. En nuestro ejemplo de una competencia de atletismo, un biomecánico podría preguntarse:

CAPTURA DE MOVIMIENTO ÓPTICA

Un sistema de captura de movimiento que utiliza diferentes ángulos de cámaras para recrear las posiciones 3D de los marcadores colocados en una persona u objeto.

CAPTURA DE MOVIMIENTO SIN MARCADORES

Un tipo de captura de movimiento que utiliza diferentes ángulos de cámaras para recrear la posición 3D de una persona u objeto, sin el uso de marcadores especiales en el cuerpo.

Figura 1

(A) Se colocan marcadores especiales de captura de movimiento (puntos azules) en partes específicas del cuerpo de la persona. Esta se detiene, camina, corre o realiza otras tareas en la sala de captura de movimiento. Cámaras especiales rastrean el movimiento de los marcadores. (B) Las cámaras de captura de movimiento y el computador recrean en 3D cada marcador (puntos grises). (C) Se genera un modelo de esqueleto a partir de los marcadores de captura de movimiento, que reproduce con precisión los movimientos de la persona.

¿Cuántas veces se dobla la rodilla del corredor con cada paso?
¿Cuántas veces se extienden sus caderas o tobillos cuando salta?

La forma más sencilla de medir los movimientos del cuerpo es con una cámara de video. Sin embargo, si la cámara no está perfectamente alineada con el cuerpo, los registros de los movimientos que se tienen no serán tan precisos. Los mejores registros se logran cuando el cuerpo está centrado en la imagen de la pantalla de la cámara. Si la cámara está enfocando más hacia los bordes, puede sobrestimar o subestimar la posición del cuerpo.

La captura de movimiento en 3D registra los movimientos con mayor precisión, utilizando uno de tres posibles sistemas. El primer sistema emplea cámaras especiales alrededor de una habitación para rastrear pequeños círculos reflectivos, llamados marcadores. Los marcadores se colocan en partes específicas del cuerpo de una persona para registrar sus movimientos (Figura 1). Cuando dos o más cámaras registran un marcador, la ubicación 3D del marcador es identificada por el computador. A esto se le llama **captura óptica de movimiento** [1]. El segundo sistema utiliza una serie de cámaras, pero sin marcadores. Este método se llama **captura de movimiento sin marcadores**. En este sistema se usan programas avanzados de computadora para analizar las formas del cuerpo (por ejemplo, las piernas y los brazos). También se emplean el color y la profundidad, combinando varias tomas de las cámaras para registrar el movimiento. El último sistema se llama **captura de movimiento por inercia**, que registra el movimiento con un sensor colocado en cada parte del cuerpo, sin usar cámaras. Con esta técnica, cada sensor detecta los cambios en la velocidad y dirección del cuerpo, como por ejemplo cuando vamos en un carro y sentimos un empujón al acelerar, frenar o al girar en una curva.

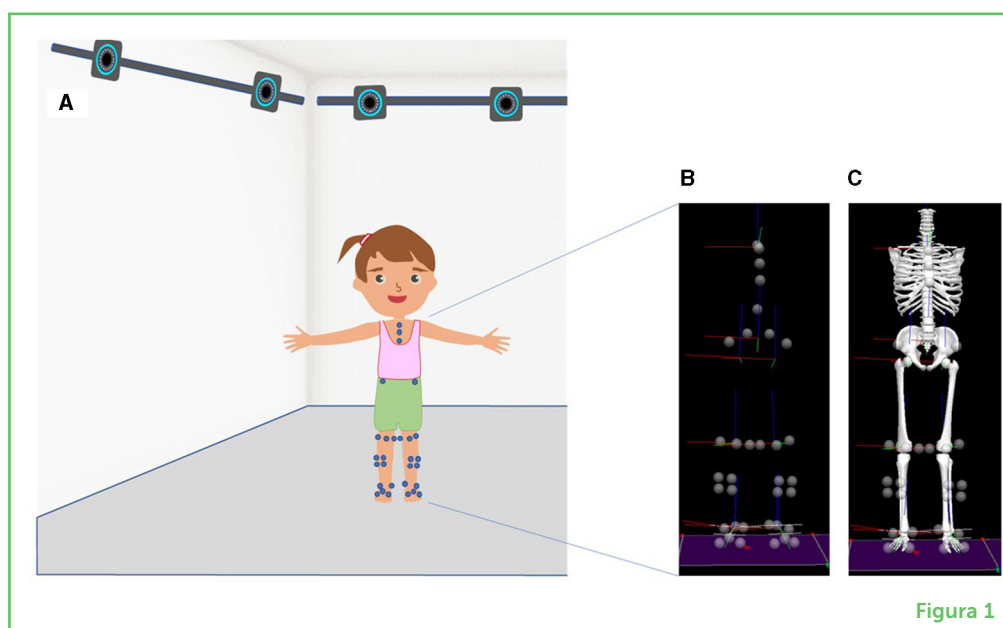


Figura 1

CAPTURA DE MOVIMIENTO INERCIAL

Un tipo de captura de movimiento que emplea sensores especiales colocados en distintas partes del cuerpo para rastrear el movimiento sin necesidad de cámaras.

FUERZA DE REACCIÓN DEL SUELO

Una fuerza ejercida por el suelo sobre el cuerpo. Es igual a la fuerza que una persona aplica sobre el suelo.

Cada uno de estos sistemas de captura de movimiento puede registrar la posición de una parte del cuerpo en comparación con otra. A esto se le llama movimiento relativo. Los sistemas de captura de movimiento óptico y sin marcadores también registran el movimiento absoluto, es decir, cómo se mueve cada parte del cuerpo por sí sola. Algunos sistemas miden el movimiento con mayor detalle o a una velocidad más alta. La mejor manera de elegir el sistema de captura de movimiento depende de los biomecánicos.

LA CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA AYUDAR A LOS PACIENTES A MOVERSE MÁS FÁCILMENTE

Algunos niños tienen dificultades para moverse debido a problemas de salud, lo que limita sus capacidades para caminar, correr o realizar otros movimientos cotidianos. Algunos de ellos necesitan una prótesis, un aparato ortopédico para su pierna, o muletas para poder caminar. Un médico o fisioterapeuta puede buscar cómo mejorar la forma de caminar de un niño, buscando una forma diferente de usar una articulación o fortaleciendo su musculatura. La captura de movimiento en 3D puede ser utilizada por médicos o fisioterapeutas para identificar qué articulaciones o músculos están presentando problemas cuando el niño camina [2]. Estos datos se usan para planear y definir cuál puede ser el mejor tratamiento para mejorar la movilidad del paciente. Varias pruebas con captura de movimiento se usan para ayudar a los niños a caminar mejor. Los sistemas de captura de movimiento ópticos son los más utilizados en estos casos. Durante cada prueba, los encargados de realizar la captura de movimiento colocan los marcadores mientras los niños caminan. Generalmente, se realizan pruebas adicionales como saltar, correr o sentarse para evaluar el movimiento en otras actividades cotidianas que los niños realizan.

En las pruebas con captura de movimiento se pueden incluir evaluaciones de otros factores, como el registro de las fuerzas aplicadas para la creación y el control del movimiento. Por ejemplo, cada vez que damos un paso, nuestro pie aplica una fuerza sobre el suelo. Según las leyes de la física, el suelo ejerce una fuerza igual y opuesta sobre el pie. Esto se conoce como la **fuerza de reacción del suelo**. Durante las sesiones de captura de movimiento, los pacientes caminan sobre placas especiales, sensibles al movimiento, que miden la fuerza de reacción del suelo. Los biomecánicos utilizan esta fuerza de reacción del suelo, junto con la posición y el movimiento de cada articulación, para determinar cuánta fuerza se genera en la cadera, la rodilla y el tobillo. Dentro del cuerpo, también se generan fuerzas cuando los músculos se contraen. Pequeños sensores colocados en la superficie de la piel sobre el músculo se utilizan para medir la actividad eléctrica producida cuando el músculo se contrae. Estos sensores no afectan la contracción del músculo, simplemente “escuchan” para identificar cuándo el músculo está “activo”. A medida que

un músculo se contrae, sus fuerzas ayudan a estirar o doblar las articulaciones.

CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA AYUDAR A LOS ATLETAS A RECUPERARSE Y/O PREVENIR LESIONES

Algunos médicos, fisioterapeutas y biomecánicos se especializan en tratar lesiones deportivas. Ellos utilizan la captura de movimiento para evaluar cuándo los pacientes con lesiones están listos para volver a practicar deportes. Por ejemplo, un jugador de fútbol puede lesionarse la rodilla y romperse un **ligamento**. Un ligamento es como una banda elástica que conecta dos huesos (Figura 2). Su función es ayudar a mantener los huesos juntos y estables durante los movimientos. A veces, después de que un atleta salta, su pierna o cuerpo no están en una posición adecuada. Esto puede hacer que la articulación de la rodilla reciba una gran presión, causando que el ligamento se reviente. Generalmente, una lesión de los ligamentos requiere una cirugía y más ejercicio con un fisioterapeuta para una recuperación completa.

LIGAMENTO

Una estructura del cuerpo que conecta y mantiene unidos dos huesos diferentes.

Figura 2

Un ligamento actúa como una banda elástica, manteniendo unidos dos huesos. Una articulación es el área donde se encuentran dos (o más) huesos.

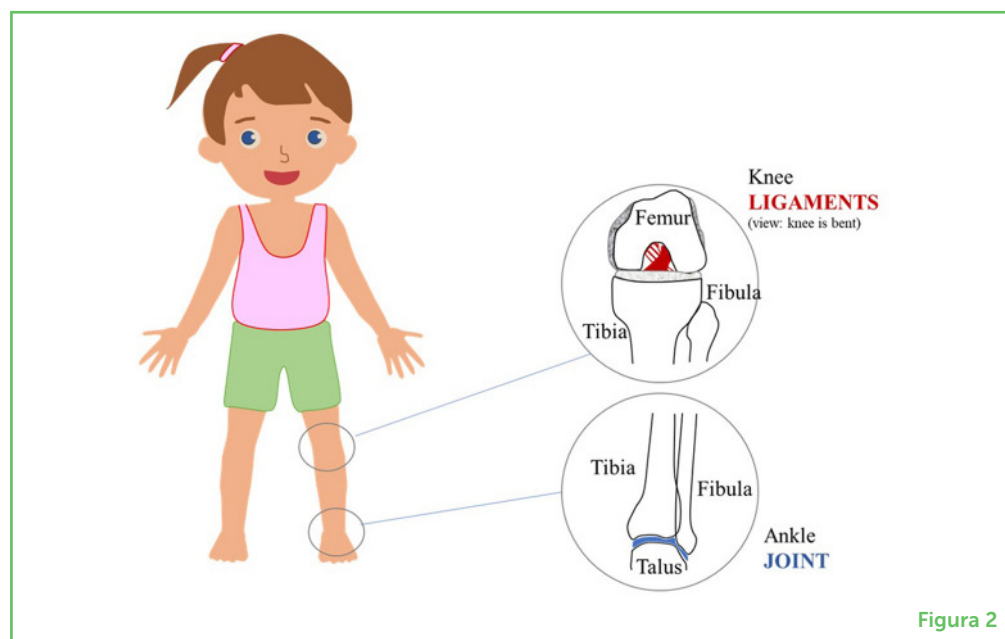


Figura 2

Los médicos necesitan hacer un diagnóstico para saber si las rodillas y los músculos de un jugador lesionado están lo suficientemente fuertes y hacen el movimiento adecuado para volver a practicar deportes [3]. Una forma de hacerlo es evaluando el movimiento del paciente cuando corre, cambia de dirección o salta. Con la captura de movimiento se pueden responder estas preguntas y, al mismo tiempo, ayudar al paciente a volver a jugar su deporte favorito.

Los médicos y fisioterapeutas utilizan estas mismas pruebas para evaluar el movimiento en atletas saludables, con el fin de disminuir los potenciales riesgos de lesionarse. Los atletas que realizan

movimientos y aplican fuerzas similares en ambos lados del cuerpo y muestran un rango de movimiento adecuado, presentan un menor riesgo de lesionarse (Figura 3).

Figura 3

(A) El paciente realiza un movimiento desafiante, como una sentadilla, mientras lleva puestos marcadores de captura de movimiento (no mostrados). (B) Utilizando un esqueleto generado por computadora, los científicos y médicos observan si la fuerza de reacción del suelo (flechas rojas) es de la misma magnitud y dirección en ambos lados del cuerpo. En este caso, lo es. (C) También examinan la posición de las piernas y las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo para verificar si son simétricas en ambos lados del cuerpo. En este ejemplo, sí son simétricas.

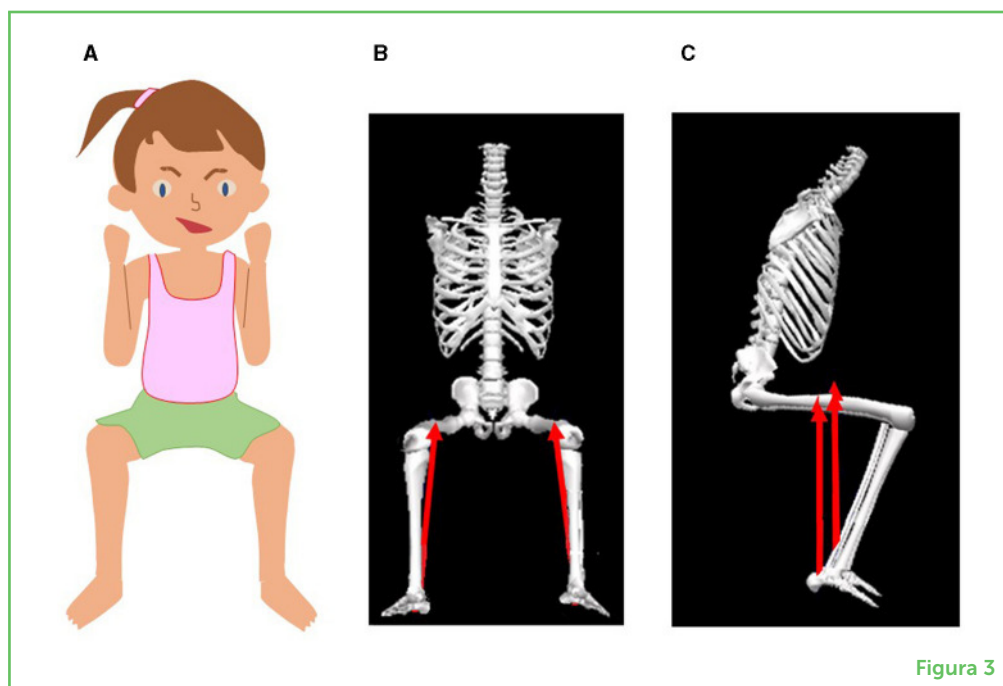


Figura 3

PUNTOS CLAVE DE LA CAPTURA DE MOVIMIENTO

La captura de movimiento se utiliza frecuentemente para crear videojuegos y efectos especiales en nuestras películas favoritas. Esta misma tecnología también se aplica para estudiar cómo se mueve el cuerpo humano. Los sistemas de captura de movimiento miden el movimiento en 3D y pueden registrar más de 100 mediciones por segundo. Este alto grado de detalle permite a los biomecánicos evaluar con precisión las limitaciones en el movimiento que afectan la capacidad de una persona para caminar y moverse. Las fuerzas, tanto internas como externas al cuerpo, son importantes para entender por qué una persona tiene dificultades con ciertos movimientos. Los médicos utilizan esta información para ayudar a las personas a moverse con mayor facilidad, recuperarse de una lesión o prevenir futuras lesiones.

CONTRIBUCIONES A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

TRADUCCIÓN: **Robinson Botero-Arias** (Colombia), Universidad de la Florida, Estados Unidos

EDITORIA: **Ana M. Porras**, Universidad de la Florida, Estados Unidos

REFERENCIAS

1. Kanko, R. M., Laende, E. K., Davis, E. M., Selbie, W. S., and Deluzio, K. J. 2021. Concurrent assessment of gait kinematics using marker-based and markerless motion capture. *J. Biomech.* 127:110665. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110665
2. States, R. A., Krzak, J. J., Salem, Y., Godwin, E. M., Bodkin, A. W., and McMulkin, M. L. 2021. Instrumented gait analysis for management of gait disorders in children with cerebral palsy: a scoping review. *Gait Post.* 90:1–8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.07.009
3. Heering, T., Rolley, T. L., Lander, N., Fox, A., Barnett, L. M., and Duncan, M. J. 2023. Identifying modifiable risk factors and screening strategies associated with anterior cruciate ligament injury risk in children aged 6 to 13 years: a systematic review. *J. Sports Sci.* 41:1337–62. doi: 10.1080/02640414.2023.2268900

EDITOR: Becca Peixotto

MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS: Swati Goyal y Corinna Lathan

CITACIÓN: Tulchin-Francis K, Lewis J, Rowan M y Parrett M (2025) Cómo la ciencia de los videojuegos está ayudando a los niños a caminar. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2024.1372390-es

TRADUCIDO Y ADAPTADO DE: Tulchin-Francis K, Lewis J, Rowan M and Parrett M (2024) How the Science Behind Video Games Helps Kids Walk. *Front. Young Minds* 12:1372390. doi: 10.3389/frym.2024.1372390

CONFLICTO DE INTERESES: Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

COPYRIGHT © 2024 © 2025 Tulchin-Francis, Lewis, Rowan y Parrett. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

JÓVENES REVISORES

PRISHA, EDAD: 14 AÑOS

Prisha es una fanática de libros de fantasía y misterio, y le gustan las matemáticas, especialmente álgebra y trigonometría. También está muy interesada en las ciencias, principalmente en la biología y la química, y en cómo la tecnología podría aplicarse a esos campos en el futuro. En su tiempo libre escribe ficción, practica yoga, cocina y se dedica al arte.





ZURI, EDAD: 14 AÑOS

Hola, mi nombre es Zuri. Me gusta mucho el emprendimiento, disfruto hablar en público y actualmente me divierto codificando con Python para construir un asistente de voz inteligente. En mi tiempo libre, me gusta la fotografía, el patinaje sobre hielo, probar nuevos platos y pasar mi tiempo libre con amigos y familiares.

AUTORES



KIRSTEN TULCHIN-FRANCIS

Kirsten Tulchin-Francis, Ph.D. es directora de investigación ortopédica y directora del Honda Center for Gait Analysis and Mobility Enhancement en el Nationwide Children's Hospital. Su interés por la biomecánica comenzó cuando se lesionó la rodilla jugando fútbol americano en la secundaria. Decidida a crear una rodillera específica para niñas, en lugar de las tradicionales para jugadores de fútbol americano, Kirsten estudió ingeniería biomédica en la universidad y en el posgrado. Combina el amor por la ciencia y STEM para estudiar cómo el tratamiento ortopédico puede ayudar a los niños a moverse con más facilidad y prevenir lesiones en los jóvenes atletas. *kirsten.tulchin-francis@nationwidechildrens.org



JESSICA LEWIS

Jessica Lewis, PT, DPT es una fisioterapeuta especializada en ayudar a los niños a mejorar sus movimientos. Trabaja en el Honda Center for Gait Analysis and Mobility Enhancement en el Nationwide Children's Hospital en Columbus, Ohio. Jessica obtuvo su título en fisioterapia en la Universidad Estatal de Ohio. En este momento, está estudiando para obtener un doctorado en ciencias de la salud en la Universidad Rush.



MALLORY ROWAN

Mallory Rowan es ingeniera en el Honda Center for Gait Analysis and Mobility Enhancement en el Nationwide Children's Hospital en Columbus, Ohio. Obtuvo su título en ingeniería biomédica de la Universidad Estatal de Ohio y le encanta poder usar las matemáticas y la ciencia para ayudar a los niños a moverse mejor.



MATTHEW PARRETT

Matthew Parrett es biomecánico en el Nationwide Children's Hospital. Tiene una maestría en kinesiología y participa en investigaciones que estudian principalmente cómo caminan y se mueven las personas. Matthew también ayuda a recopilar y procesar información específica de cada paciente para comprender mejor sus necesidades y mejorar sus tratamientos. Está interesado en cómo los problemas musculares y nerviosos pueden afectar el equilibrio y la estabilidad de una persona. Su objetivo es aprender más sobre cómo mantener a las personas estables, corregir su postura cuando sea necesario y, en última instancia, evitar que se resbalen, tropiecen o se caigan.

Spanish version provided by
Versión en español por

Frontiers for Young Minds

Nuestra misión

Publicar una ciencia clara y de alta calidad que inspira y interactúa con la próxima generación de científicos y ciudadanos, compartir la revelación de que la ciencia PUEDE ser accesible para todos.

¿Cómo hacemos esto?

Los mejores investigadores escriben sus descubrimientos para los niños. Nuestra red global de jóvenes revisores por pares revisa cada artículo, guiados por sus mentores para asegurar que todo lo que publicamos no solo es comprensible sino que es interesante para sus iguales de entre 8 y 15 años de edad.



Descubra nuestras últimas Colecciones

[ver más](#) →

Redes Sociales

 @FrontYoungMinds
 @FrontiersForYoungMinds
 @frontiersyoungminds
#frontiersforyoungminds

Contáctanos

+41 21 510 1788
kids@frontiersin.org

