Mercurio Volante

38 SUPLEMENTO ESPECIAL
hipócritalector
Año III, Abril 2025

CIENCIA MÚSICA

EN EL AÑO DE LA CUÁNTICA
SONORIDADES
TLATLAKNI DEL PUEBLO TOTONACA
CIENCIA DE LA MÚSICA
LAS CINCO NORMAS DE LA ACÚSTICA
EL PIANO CÓSMICO DE LA BUAP
MICROBIOS Y SALUD MENTAL
EL CEREBRO DE EINSTEIN
SI LA VIDA TE DA CABRAS...

Mitos cuánticos

LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

Gerardo Herrera Corral

Las computadoras cuánticas han generado expectativas muy altas. Para muchos, estos dispositivos serán capaces de todo, de manera que los que se encuentran en desarrollo se han convertido poco a poco en un mito.

Hace unos años, el 20 de septiembre de 2019, el *Financial Times* anunciaba:

"Google afirma haber alcanzado la supremacía cuántica", Poco después, el 23 de octubre, la prestigiosa revista *Nature* publicó que Google había conseguido oficialmente la supremacía cuántica usando el procesador Sycamore. La noticia acaparó los titulares en todo el mundo.

De esa manera, la empresa pretendía haber ganado la carrera en la que se quería mostrar que un dispositivo cuántico había superado a las computadoras convencionales en algún proceso de cálculo específico.

A la "supremacía cuántica" también se la conoce como "ventaja cuántica" y se usa para señalar áreas o problemas determinados en que las computadoras clásicas no resuelven, o, si lo hacen, será con más lentitud que su contraparte cuántica.

Un año después, investigadores chinos publicaban en la revista *Science* que habían alcanzado la supremacía cuántica utilizando un procesador superconductor llamado Zuchongzhi, y hace apenas unos días IBM presentó su ordenador cuántico más avanzado. El System two, que lleva un procesador Heron de 156 qubits con una tasa de error menor.

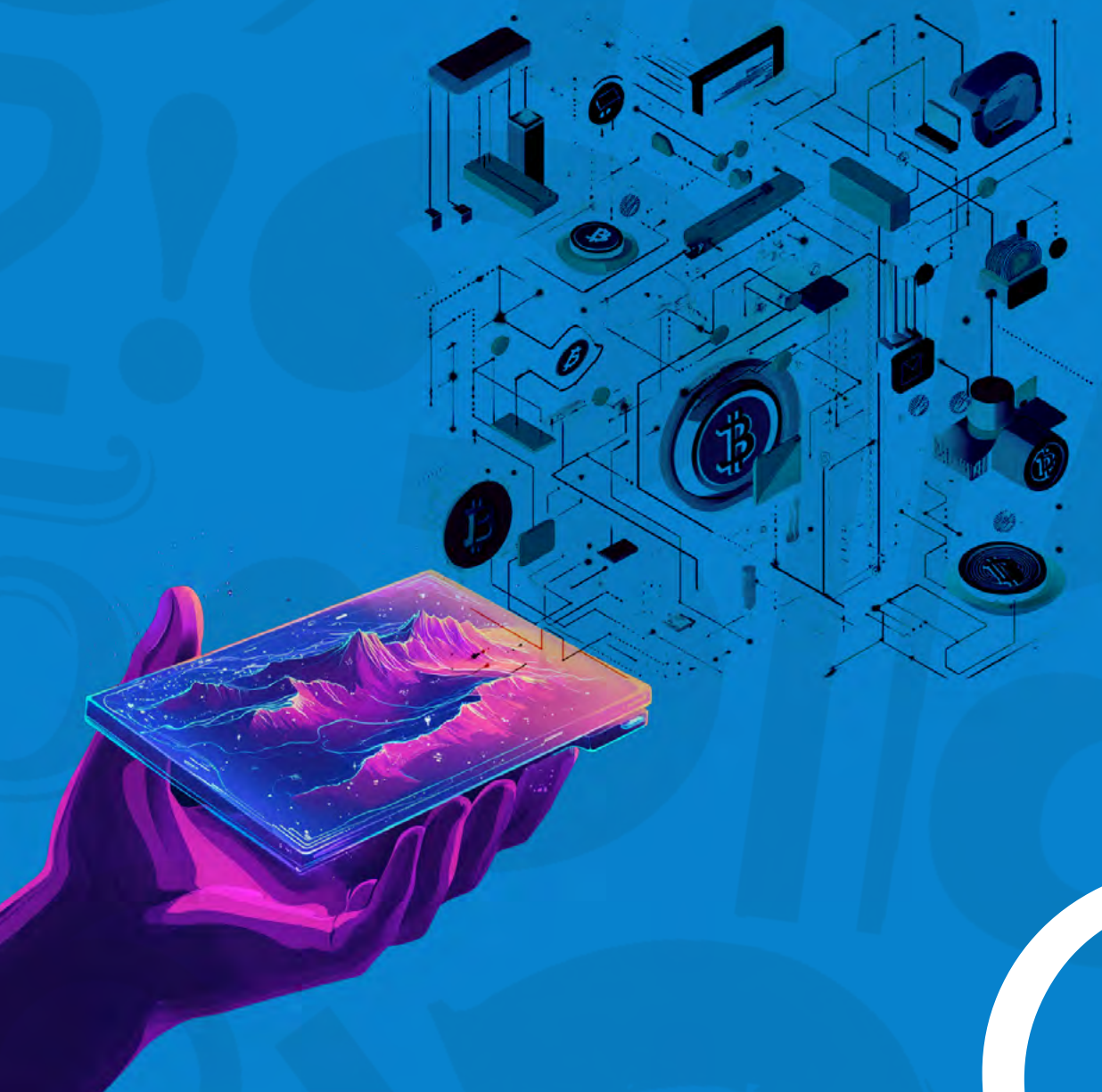
Aunque las computadoras cuánticas son la sensación del momento y parecen comenzar a mostrar capacidades especiales, es muy probable que no logren superar a las computadoras clásicas en la mayoría de los problemas de cálculo.

Las computadoras cuánticas no son ese dispositivo mágico del futuro que vendrá a resolverlo todo; tendrán ventajas, sí, en ciertas áreas de cálculo como ciberseguridad, simulación de procesos físicos y químicos y quizás en Inteligencia Artificial. Pero no necesariamente serán el súper dispositivo con cualidades misteriosas que mucha gente está pensando.

Sin embargo, el que las computadoras cuánticas no sean mejores en todo no hace que su desarrollo sea poco interesante.

Si lo que queremos es desmitificar la mecánica cuántica y sus aplicaciones, entonces, para el caso de las computadoras cuánticas, esto es lo mismo que matizar.

¿Las computadoras cuánticas son más rápidas que las convencionales?



No, en general. Las computadoras cuánticas podrían ser más rápidas que las convencionales en algunas operaciones.

Se estima, por ejemplo, que las computadoras cuánticas podrán factorizar más rápidamente un número en términos de sus números primos porque existe ya un algoritmo conocido como "Algoritmo de Peter Shor", con el que se puede mostrar que esta operación es considerablemente más veloz en esos dispositivos.

La operación numérica tiene muchas consecuencias en ciertas áreas aplicadas y un ejemplo es el procedimiento de encriptación de datos que juega un papel importante en transacciones de todo tipo y comunicaciones donde se puede comprometer la seguridad de las partes.

Un ejemplo de lo que significa factorizar en términos de números primos:

150 se puede escribir como **2 × 75**
El **2** ya es un número primo.
El 75 se puede escribir como **5 × 15**
El **5** ya es primo.
El **15** se puede descomponer como **3 × 5**
Ahora todos son primos y el número **150**
se puede escribir como:
2 × 5 × 3 × 5

La búsqueda en lista de datos podría ser otra operación donde las computadoras cuánticas serían hasta cinco veces más rápidas que las tradicionales.

Los números primos se usan en criptografía y, particularmente, en el sistema asimétrico o de clave pública en certificados digitales. Con esta tecnología las personas tienen una clave pública que pueden entregar a cualquier persona y otra privada que solo ella conoce.

Con este sistema el emisor necesitará la clave pública de su destinatario para con ella cifrar el mensaje, entonces el receptor usará la clave privada para poder ver el texto. Sin ese par de claves no se puede llevar a cabo el desciframiento.

La fortaleza de este método se encuentra en lo difícil que resulta factorizar número grandes. Si contamos con números primos muy grandes, y los multiplicamos para poder descifrar el mensaje, será necesario recuperar esos factores. Y como los números son grandes, resultará prácticamente imposible. Actualmente se conocen número primos tan grandes que tienen trescientas cifras, es decir, 10^{300} cifras, un uno seguido de trescientos ceros.

¿Las computadoras cuánticas aprovechan el procesamiento paralelo?

A menudo se dice que las computadoras cuánticas encuentran la solución a los problemas probando en paralelo, es decir, probando simultáneamente todas las opciones posibles.

A menudo se dice que las computadoras cuánticas encuentran la solución a los problemas probando en paralelo, es decir, probando simultáneamente todas las opciones posibles.

Los computadores cuánticos hacen uso del principio de superposición, esto es, la propiedad de los sistemas de encontrarse en todos los estados posibles y la combinación de estos. Con esto en mente se ha dicho que las computadoras cuánticas estarán viendo todas las posibles salidas durante el proceso de cálculo en un problema.

En cierta forma sí, porque las computadoras cuánticas funcionan con base en compuertas lógicas necesarias para darle forma al problema. La superposición se efectúa maximizando la probabilidad del estado correcto y minimizando la del incorrecto.

Por la naturaleza cuántica del sistema, al momento de preguntar por la solución del problema este colapsará en alguno de los estados de la superposición en una sola respuesta. En el momento del colapso todas las otras opciones desaparecerán. Sería como ensayar con una computadora clásica las soluciones hipotéticas elegidas al azar, en cuyo caso el dispositivo cuántico es más veloz. Eso no significa que todos los problemas se puedan plantear en tales términos.

*GERARDO HERRERA CORRAL *Físico de la Universidad de Dortmund y del Cinvestav, es líder de los latinoamericanos en el CERN. Ha escrito diversos libros, entre ellos* Dimensión desconocida. El hiperespacio y la física moderna *(Taurus, 2023)* y Antimateria. Los misterios que encierra y la promesa de sus aplicaciones *(Sexto piso, 2024).*

SONIFICACIÓN: cantar de los cantares

Elías Manjarrez

Somos cajas de sonido, como la Tierra.
Por eso cantamos y las tormentas cantan.

El sonido es una forma de energía mecánica que necesita de la materia, como el aire, el agua o los sólidos, para desplazarse de un lugar a otro. Por esta razón, los astronautas en el espacio, donde no hay aire, deben utilizar dispositivos electrónicos para comunicarse por voz. Aunque sea difícil de creer, en el espacio exterior reina un silencio absoluto. Solo los planetas que poseen atmósfera permiten que el sonido pueda viajar.

De forma similar, los científicos emplean la técnica de sonificación, que consiste en transformar distintos tipos de señales, o datos en general, en sonidos audibles, comprendidos entre los 20 y los 20,000 Hz. Esta técnica requiere de una bocina como medio final de emisión, que es un transductor que convierte energía eléctrica en energía acústica.

Para comprender cómo funciona una bocina, es útil remontarse al año 1820, cuando Hans Christian Oersted descubrió que una corriente eléctrica que atraviesa un alambre puede desviar la aguja magnética de una brújula. Este hallazgo reveló la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo, lo cual a su vez fue inspiración para inventores como Alexander Graham Bell, quien en 1876 pudo transformar oscilaciones eléctricas en vibraciones mecánicas por medio de electroimanes para emitir la voz en el primer teléfono.

Los componentes esenciales de una bocina siguen el principio descubierto por Oersted. Consisten en un imán colocado sobre una base fija, alrededor del cual se enrolla muchas veces un alambre delgado formando una bobina. Al circular una corriente eléctrica variable por este alambre, la bobina vibra con la misma frecuencia de la corriente, generando un movimiento mecánico proporcional a su intensidad. Este movimiento agita el aire circundante, dando origen al sonido. En los siguientes enlaces podrán ver unos videos para aprender cómo construir una bocina casera [1] [2].

Como el sonido necesita del aire para propagarse, una bocina con mayor diámetro permite que las ondas sonoras alcancen una región más amplia. Seguramente han notado que muchas bocinas tienen un cono de cartón en su parte frontal, unido a la bobina. Este material, liviano y resistente, está diseñado para empujar el aire hacia adelante y hacia atrás. Podemos experimentar esto con la palma de la mano, al agitarla desplazamos más aire que si moviéramos solo un dedo.

El aire que exhalamos o el vaivén de las olas del mar también ponen en movimiento las partículas del aire. Al cantar, por ejemplo, el aire de nuestros pulmones pasa por la laringe, donde se encuentran las cuerdas vocales, que son bandas de tejido muscular que se tensan y relajan para modular el paso del aire y producir sonidos con distintas tonalidades.

Cabe preguntarse si es posible generar una sonificación sin usar una bocina. La respuesta es sí, aunque en ese caso solo podemos percibir las ondas mecánicas directamente. En cambio, mediante una bocina, cualquier tipo de dato puede transformarse en sonido. Por ejemplo, si conectamos un micrófono, escucharemos una voz; si conectamos un electrocardiógrafo, oiremos los latidos del corazón; y si conectamos un electroencefalógrafo, podremos percibir las ondas cerebrales. Profundizaré en este tema más adelante.

EN PDF DÉ CLICK para ir a video en web o copie la referencia en el listado al final del artículo

1 2

Existen ejemplos de sonificación sin bocina que también nos informan sobre el origen del sonido. Entre ellos están el tic-tac de un reloj mecánico, o los sonidos del cuerpo como los del corazón, pulmones o intestinos, que se escuchan a través de un estetoscopio. Este instrumento médico consiste en un tubo que conecta una membrana sensible a las vibraciones con el oído del médico. Su versión más simple fue creada por René Laennec en 1816.

La razón detrás de la invención de la sonificación es percibir patrones sonoros en datos que no tienen una naturaleza acústica, ya sea porque los fenómenos que los generan no son mecánicos o porque no hay aire que permita transmitir el sonido, como ocurre en las galaxias distantes o dentro del entorno microscópico de nuestro cerebro.

El desarrollo de la sonificación comenzó poco después de que Chester Rice y Edward Kellogg, ingenieros de la compañía General Electric, diseñaran en 1924 un modelo de bocina dinámica con sonido amplificado.

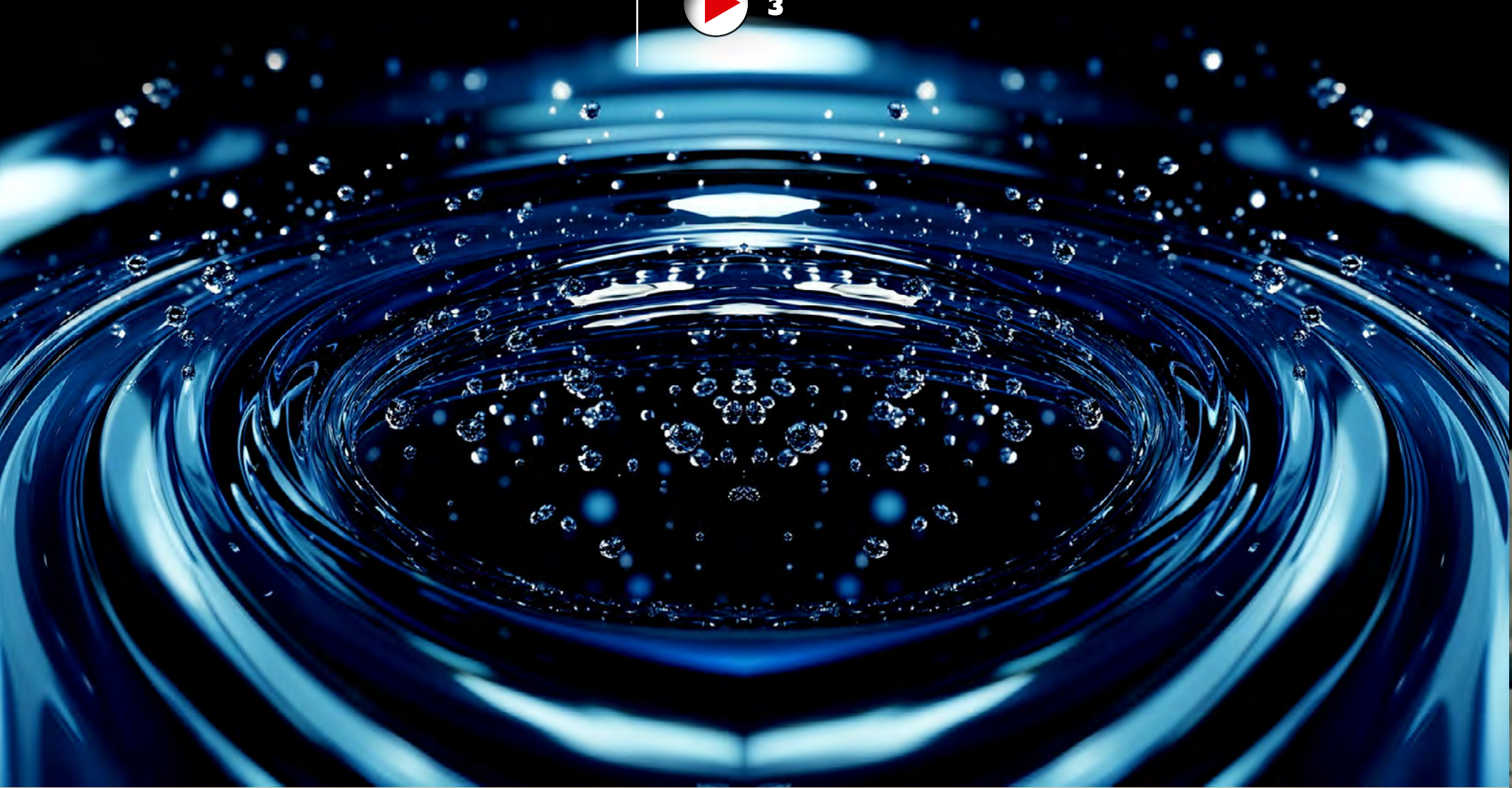
Uno de los primeros dispositivos que incorporó una bocina para fines sonoros fue el *contador Geiger*, creado por Geiger y Müller en 1928. Este instrumento, capaz de detectar partículas radiactivas, emite un breve "clic" cada vez que una partícula es registrada. Cuando el nivel de radiactividad es alto, los clics se suceden rápidamente, advirtiendo al usuario sobre la cercanía de una zona potencialmente peligrosa.

Pocos años después, en 1934, Adrian y Matthews retomaron el trabajo de Geiger y Müller, y conectaron la señal del electroencefalograma a una bocina para hacer audibles las ondas cerebrales. En distintos textos de divulgación, tanto en inglés como en español, suele afirmarse que este método marcó el inicio formal de la sonificación. Sin embargo, como puede apreciarse, los verdaderos pioneros fueron Geiger y Müller, o mejor dicho la mágica bocina que le dio voz a su descubrimiento.

En el siguiente enlace [3], les comparto un video de sonificación que realicé en mi laboratorio para ilustrarles cómo suena el ritmo de las ondas cerebrales alfa. Este video lo realicé solo con fines de divulgación.

EN PDF DÉ CLICK para ir a video en web o copie la referencia en el listado al final del artículo

3



En el video podrán visualizar en color amarillo la señal eléctrica del movimiento de los ojos, y en color azul, la señal del electroencefalograma. Podrán notar que cuando doy la orden de que la participante cierre los ojos, hay una respuesta audible de ondas alfa (que ocurren a unas 10 ondas por segundo). En cambio, cuando doy la orden de que la participante abra los ojos, dichas ondas se atenúan o desaparecen, y ya no son audibles con la sonificación. Este fenómeno se conoce como reactividad alfa, descrito inicialmente por Hans Berger en 1924 y explorado con mayor profundidad por Adrian y Matthews una década más tarde.

Con el tiempo, la idea de la sonificación comenzó a inspirar a otros campos, como el de la música. En 1965, Alvin Lucier, compositor de música minimalista, creó una pieza algo inquietante a partir de señales del electroencefalograma. Este compositor conectó la señal cerebral no solo a bocinas, sino también a motores que ponían en movimiento a objetos resonantes y a instrumentos de percusión, como el tambor. En el siguiente enlace pueden escuchar una muestra de esta singular forma de expresión sonora llamada "*Music for Solo Performer*" [4].

EN PDF DÉ CLICK para ir a video en web o copie la referencia en el listado al final del artículo

4

En los últimos años, se han utilizado las ondas cerebrales para crear música a través de algoritmos que conservan sus frecuencias originales y les incorporan matices armónicos. Esta modalidad de sonificación busca comprender cómo nos afecta escuchar música generada a partir de las frecuencias básicas de la actividad cerebral [5]. No obstante, muchas de las versiones disponibles en plataformas como YouTube recurren a promesas exageradas y carecen de sustento científico, lo que contribuye a una visión distorsionada del tema.

Sin embargo, aunque la sonificación de las ondas cerebrales sigue siendo un campo poco explorado dentro de las neurociencias, ofrece un potencial interesante para el desarrollo de interfaces cerebro-computadora no invasivas [6].

La sonificación también se ha empleado para detectar ritmos que se generan a nivel astronómico. La NASA tiene un proyecto de sonificación para convertir los datos de los radiotelescopios en ondas sonoras [7].

La NASA explora patrones sonoros que permitan caracterizar objetos astronómicos, de forma similar a como un médico interpreta los latidos del corazón para detectar posibles afecciones. En el siguiente enlace se presentan algunos ejemplos de sonificación del cosmos [8]. La película de ciencia ficción *Contacto*, inspirada en la obra de Carl Sagan, también ofrece un ejemplo de la sonificación de una señal captada por un radiotelescopio, supuestamente emitida por una civilización lejana [9].

Este tipo de experimentos marcó un precedente en el uso del sonido como herramienta científica. Así como se hizo audible la actividad cerebral, hoy se transforma en sonido la información que proviene del espacio. La sonificación, en ese sentido, no solo permite escuchar lo que antes era invisible, sino que también conecta escalas tan distintas como el cerebro humano y el universo.

EN PDF DÉ CLICK para ir a recurso en web o copie la referencia en el listado al final del artículo

5 7

8 9

Para finalizar me gustaría reflexionar que, sin la presencia de la materia, ya sea gaseosa, líquida o sólida, la sonificación no podría existir. Una bocina no emite sonido en un espacio vacío. El sonido es una forma de energía que "canta" y se desvanece al interactuar con estas manifestaciones del mundo físico: viento, piedra y agua, sin importar cómo las nombremos. Ello me recuerda estos últimos versos del bello y profundo poema de Octavio Paz, *Agua, Piedra, Viento* [10], de su libro *Árbol adentro (1987) [11]*:

El viento en sus giros canta,
El agua al andar murmura,
La piedra inmóvil se calla.
Viento, Piedra, Agua.

Uno es otro y es ninguno:
entre sus nombres vacíos
pasan y se desvanecen
agua, piedra, viento.

EN PDF DÉ CLICK para ir a video en web o copie la referencia en el listado al final del artículo

11

REFERENCIAS:

- [1] https://www.youtube.com/watch?v=QlnF5oILE2Q
- [2] https://www.youtube.com/watch?v=EYJKlzOun0c
- [3] https://www.youtube.com/shorts/m_Lk65xYWVk?app=desktop
- [4] https://www.youtube.com/watch?v=Q73ZbDhQsb4
- [5] https://www.youtube.com/watch?v=lNHrZzvSf6w&t=267s
- [6] Sanyal S, Nag S, Banerjee A, Sengupta R, Ghosh D. "Music of brain and music on brain: a novel EEG sonification approach". *Cogn Neurodyn.* 2019 Feb;13(1):13-31. doi: 10.1007/s11571-018-9502-4.
- [7] https://science.nasa.gov/mission/hubble/multimedia/sonifications/
- [8] https://www.youtube.com/watch?v=HoW3BEdjmD0
- [9] https://www.youtube.com/watch?v=Q399v-pMG30
- [10] https://trianarts.com/octavio-paz-viento-agua-piedra/#sthash.AJ8eE6Ab.dpbs
- [11] https://www.elem.mx/obra/datos/2593

ELÍAS MANJARREZ

Profesor investigador titular, responsable del laboratorio de Neurofisiología Integrativa del Instituto de Fisiología, BUAP. Es físico de formación, con maestría en fisiología y doctorado en neurociencias. Obtuvo su doctorado en el departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

Sus líneas de investigación están enfocadas a entender propiedades emergentes de ensambles neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensambles neuronales espinales, la hemodinámica funcional de las emociones, así como de los mecanismos neuronales de la estimulación eléctrica transcraneal. Recibió el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del CONCYTEP y ha recibido el premio Cátedra Marcos Moshinsky. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.

La mecánica cuántica y la estructura de la materia

Lorenzo Díaz Cruz

Aunque la Física es la más exacta de las ciencias naturales y ha alcanzado un desarrollo impresionante, a tal grado que se pueden describir y predecir muchos fenómenos con alta precisión, resulta curioso y sorprendente que para llegar a ese grado de conocimiento se haya procedido de una manera un tanto accidental, más que haber seguido un camino lógico y bien definido. Incluso podemos decir que en el progreso de la Física bien aplica el verso de Machado: "Caminante, no hay camino, se hace camino al andar".

Sin lugar a dudas ese es el caso de la mecánica cuántica, cuyos principios y métodos nos han servido para tener una compresión profunda de la naturaleza. Los problemas fundamentales que se han resuelto gracias a la Cuántica, nos permiten tener con una descripción del universo que va desde las escalas subatómicas hasta el origen mismo del cosmos.

Por otra parte, las aplicaciones de la Cuántica han sido de tal amplitud, que bien podemos decir que buena parte de la economía del mundo involucra inventos basados en la cuántica, desde el láser, los semiconductores, LEDs, etcétera.

Cuando estábamos en los primeros años de la carrera de Física, nos enseñaron que los orígenes de la Física Cuántica surgieron por el interés de resolver algunos problemas asociados con la radiación. Uno de esos problemas era el del Cuerpo Negro, definido como un cuerpo que emite radiación en todas las frecuencias posibles, desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Para resolverlo Max Planck propuso que la energía estuviera cuantizada, esto es que exista una cantidad básica de energía, como una especie de paquetito cuya energía es proporcional a la frecuencia de la radiación, la famosa fórmula E= h nu, donde h es la constante de Planck, un número muy pequeño de hecho , h=6.66x10^(-34) J-s (J-s = Joules x segundo) y nu es la frecuencia de la onda electromagnética, o sea la luz.

El otro problema que dio origen a la cuántica fue el llamado efecto foto-eléctrico, que consiste en la propiedad de algunos materiales de producir una corriente eléctrica cuando reciben radiación con ciertas características, por ejemplo que la frecuencia sea mayor que un valor crítico asociado con cada material.

La solución propuesta por Einstein se basó también en proponer que la energía de la radiación está cuantizada, pero Einstein fue más allá y propuso que la misma radiación consistía de partículas que ahora llamamos fotones. Ahí hay una contradicción desde el punto de vista de la física clásica, que considera como entes separados a los fenómenos de ondas, como la radiación o el sonido, y las partículas, las cuales son descritas por la mecánica de Newton.

Para un principiante, como cualquiera de nosotros en esos primeros años de la carrera, resultaba difícil comprender la trascendencia de esas propuestas. Muchos nunca habíamos visto ni teníamos idea de lo que era un cuerpo negro en la realidad. Por otra parte, la solución de Einstein del efecto foto-eléctrico parecía tan sencilla como despejar una formula simple.

Los maestros fundadores tenían un dominio tal de la física clásica que podían comprender a fondo las contradicciones asociadas con esos fenómenos, algo que estaba muy lejos de unos estudiantes motivados, pero bisoños.

Afortunadamente, al menos para mí, hubo otro problema que también dio lugar al surgimiento de la mecánica cuántica, que me resultó más comprensible. Este fue el problema de la estructura de la materia.

Desde los griegos, con Demócrito en particular, se razonó que la materia no podía dividirse indefinidamente, que tendría que haber un límite, a ese límite que ya no se puede dividir se le llamó átomo. Tuvieron que pasar más de dos milenios, para que fuera posible explorar y comprobar las consecuencias de la hipótesis atómica. Pasamos primero por la alquimia, luego llegó el nacimiento de la química y del método científico propiamente, para que pudiera comprobarse la existencia de los átomos.

Aquí entra también Einstein y su famoso año maravilloso 1905, cuando presentó una explicación del movimiento Browniano, que es el movimiento que experimentan partículas de polvo que se colocan en la superficie de un líquido. Einstein logró explicar dicho movimiento como efecto de los átomos, o moléculas, que componen el líquido.

Desde los griegos, con Demócrito en particular, se razonó que la materia no podía dividirse indefinidamente, que tendría que haber un límite, ese límite que ya no se puede dividir se le llamó átomo. Tuvieron que pasar más de dos milenios, para que fuera posible explorar y comprobar las consecuencias de la hipótesis atómica. Pasamos primero por la alquimia, luego llegó el nacimiento de la química y del método científico propiamente, para que pudiera comprobarse la existencia de los átomos.

Un paso muy importante en esta dirección fue la detección de la unidad de carga eléctrica negativa, por JJ Thomson en 1897. Se comprobó que no había una carga menor que esa carga mínima, que ahora sabemos corresponde a la carga del electrón (e=1.602x10^(-19) Coulombs), siendo este una partícula elemental.

Pero si la materia que nos rodea, madera, rocas, hojas, plástico, todo es eléctricamente neutro, ¿cómo se logra esa neutralidad de la materia? Para explicarlo se propuso que la materia debía ser eléctricamente neutra, pero si estaba formada por átomos, estos debían ser neutros eléctricamente, y eso se debía a la existencia de una carga positiva, que equilibraría la carga negativa de los electrones del átomo.

Pero, ¿cómo se acomodan las cargas positivas y negativas dentro del átomo?

Para responder etas preguntas surgieron los primeros modelos del átomo. Thomson mismo propuso que el átomo era como un tamal con pasas (Fig. 1), la masa del tamal era la carga positiva y las pasas eran los electrones de carga negativa. Cada átomo está definido por el número de electrones que contiene.

Por otra parte, a principios del siglo XX, Ernest Rutherford, que fue alumno de Thomson, se propuso identificar la distribución de la carga eléctrica del átomo. Una parte tenía que ser positiva, para equilibrar la carga negativa de los electrones.

El experimento de Rutherford utilizó partículas alfa, esto es, núcleos del átomo de Helio que se hacían chocar sobre una placa de oro, muy delgada. Si el modelo de Thomson hubiera sido el correcto, se tendría que las partículas alfa pasarían por el material sin dispersarse mucho.

Sin embargo, el resultado que obtuvo Rutherford fue que las partículas alfa rebotaban en diferentes ángulos, incluso a 180 grados (Fig. 2), mismo que podía interpretarse como resultado de colisiones entre las partículas alfa del haz con un objeto que estaba concentrada en un radio muy pequeño, y que debía tener una masa mucho más grande que la del electrón.

FIGURA 1

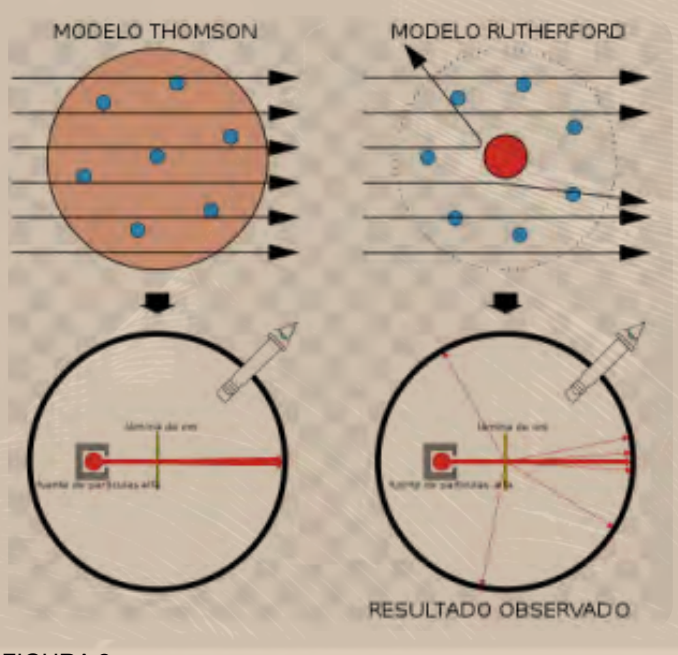
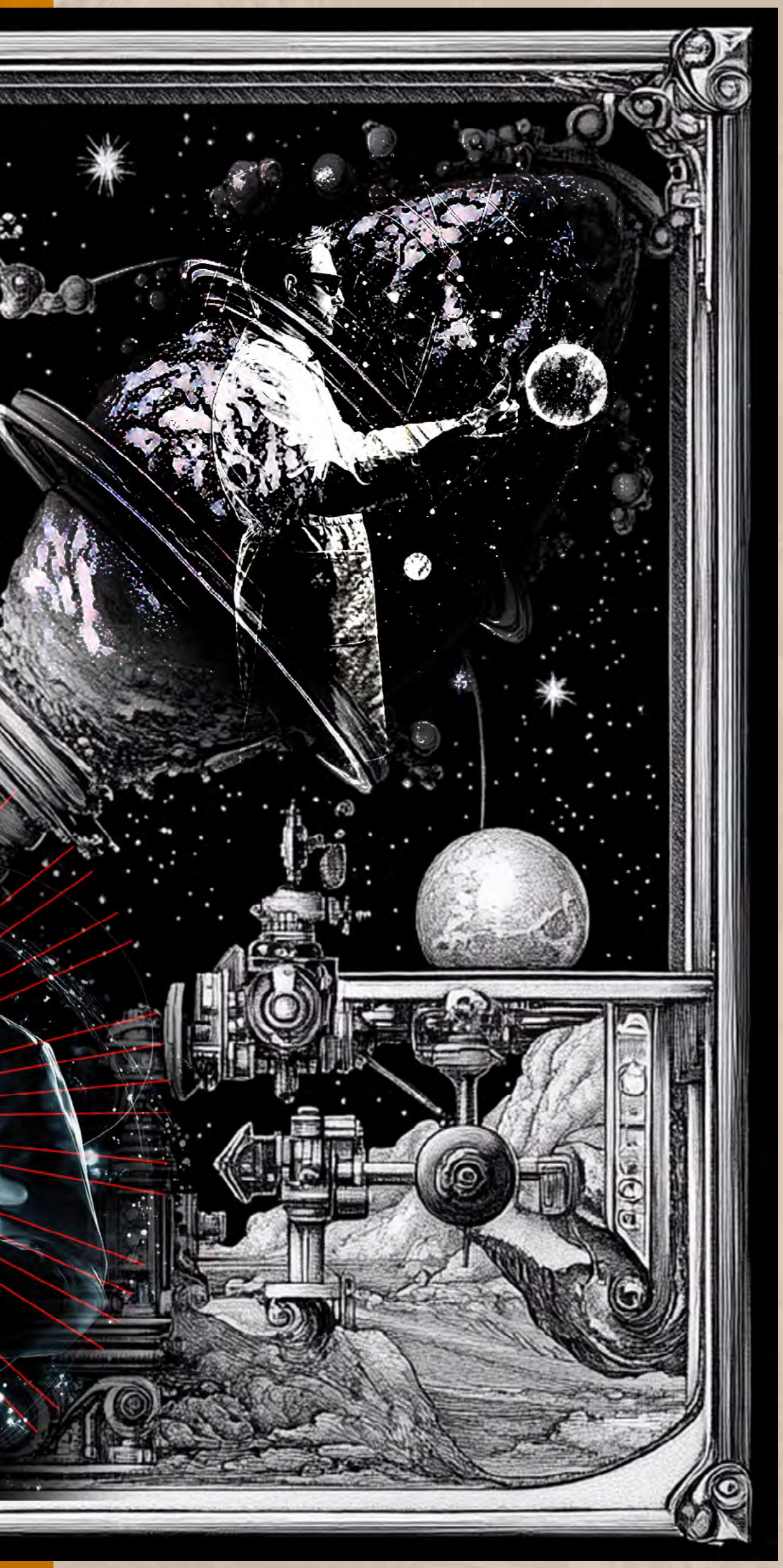


FIGURA 2



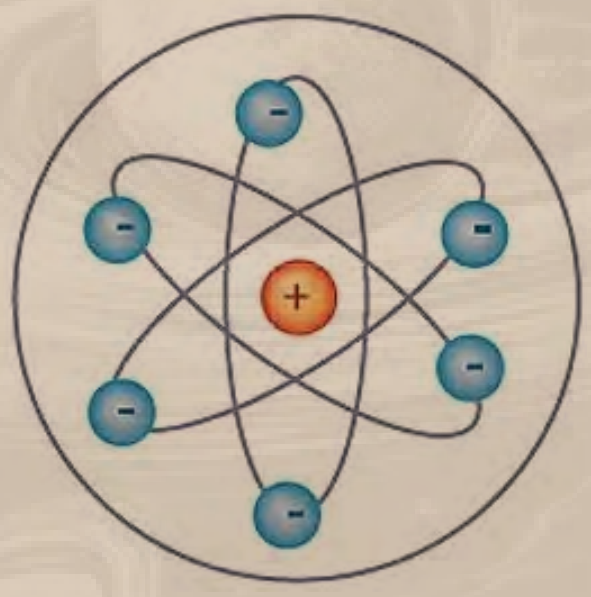


FIGURA 3

Dicho experimento daba lugar al nacimiento del núcleo atómico, como la carga positiva que equilibraba la carga negativa del electrón. Así pues, el modelo de Rutherford proponía que el átomo era como un sistema solar en miniatura (Fig. 3), aunque las trayectorias de los electrones serían más complicadas.

Sin embargo, cuando se intentó aplicar la física clásica para describir los fenómenos atómicos se encontró que eso no era posible. Por ejemplo, según la física clásica el electrón al estar girando en el átomo, siendo una carga eléctrica acelerada debía emitir radiación electromagnética, misma que le haría perder energía y eventualmente caer en el núcleo atómico, y ese caso no los átomos no serían estables y no podrían, según la física clásica.

La salida a este atolladero llegó con la formulación de la mecánica cuántica, cuyo desarrollo está lleno de intuiciones, adivinanzas, y propuestas aparentemente descabelladas. Un ejemplo de ese tipo de argumentos para explicar la estabilidad del átomo se debe a Niels Bohr, quien propuso que las órbitas podrían ser estables si existiera otra cantidad física que también estuviera cuantizada: ¡el momento angular! Pero ¿De dónde saco Bohr su idea? De ninguna parte, lo hizo así porque la idea funcionaba bien, ya luego vendrían otros físicos para dar una explicación más completa y estructurada.

Los pasos siguientes para establecer la mecánica cuántica se deben a otros gigantes de la física, incluyendo a Heisenberg, Pauli, Schrödinger, Dirac, Born, principalmente.

Erwin Schrödinger propuso una ecuación que lleva su nombre, misma que describe la evolución espacial y temporal de un ente abstracto que contiene la información esencial del sistema, ese ente matemático se le llama “función de onda”.

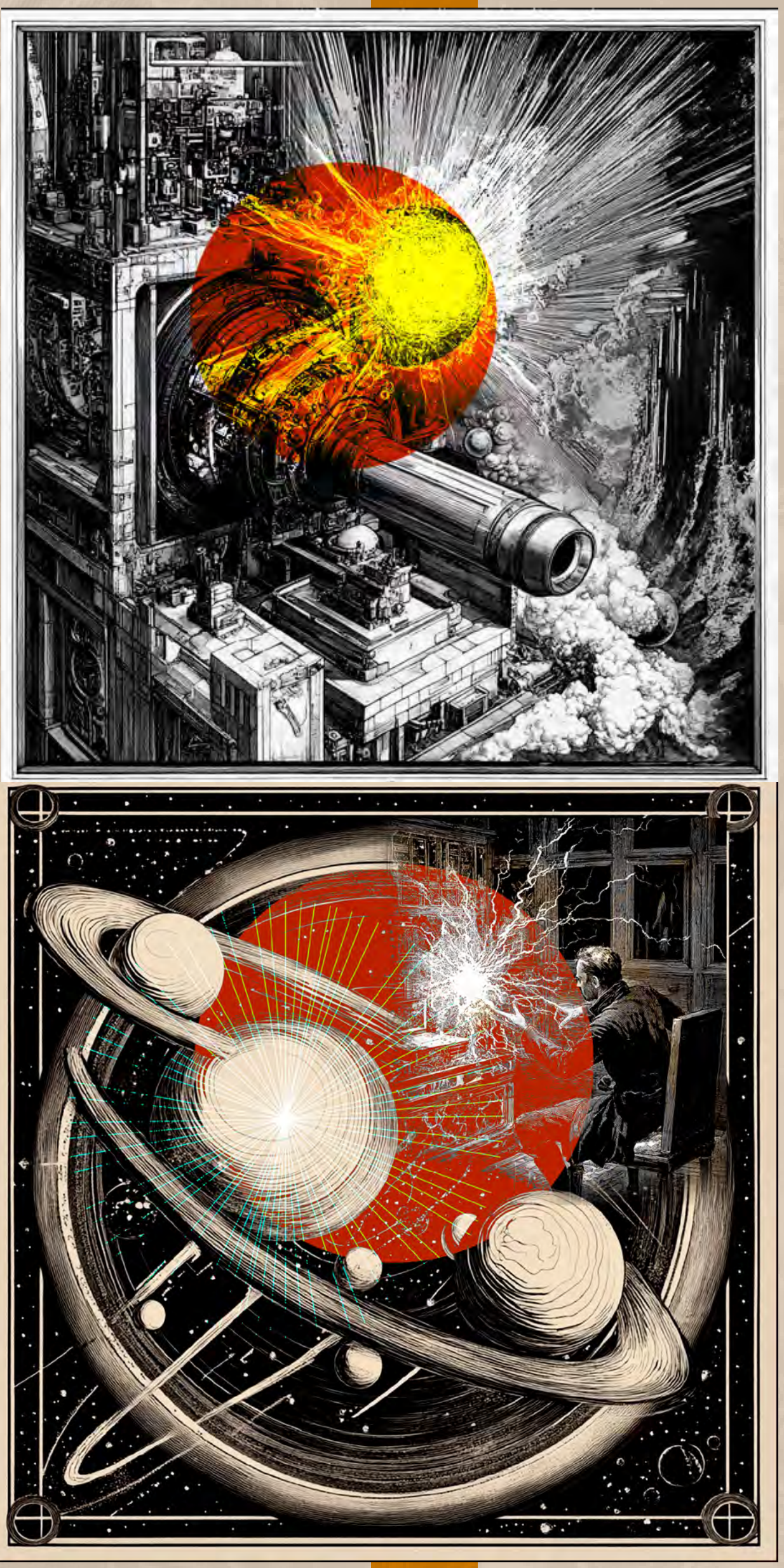
A partir de esta función es posible conocer la energía de los estados del átomo de hidrógeno. La diferencia de energía entre dichos estados coincide con la energía de la radiación que puede emitir dicho átomo, lo cual permite explicar los llamados espectros atómicos, y fue ampliamente reconocido como un paso fundamental para completar la teoría cuántica. Sin embargo, aunque la ecuación de Schrodinger explicaba muy bien los espectros atómicos, no se entendía que era realmente la función de onda. ¿Una especie de onda de materia? No era tan obvio que así fuera.

Un paso más para entender la mecánica cuántica llegó cuando Max Born presentó una interpretación de la función de onda, como una cantidad asociada con la probabilidad de observar un cierto fenómeno. Esos elementos aleatorios hicieron que fuera difícil aceptar la teoría cuántica, e incluso que fuera rechazada por algunos físicos, entre ellos el mismo Albert Einstein basado en la idea de que "Dios no juega a los dados".

Tal vez la razón para este rechazo tenía que ver con el hecho de que la física clásica se basa en la idea de que si se prepara un experimento de forma idéntica, se debe obtener el mismo resultado. Por ejemplo, si apuntamos con una pelota sobre una pared con dos rendijas, la pelotita pasa por una u otra rendija. Sin embargo, en la mecánica cuántica hay una probabilidad para cada una de las distintas posibilidades, así para un electrón que incide sobre las dos rendijas, no podemos saber por cuál pasa, hay una probabilidad de que pase por una, otra o ambas.

El punto culminante que nos mostró cuán diferente es la mecánica cuántica respecto de la clásica, vino con la formulación del principio de incertidumbre debido a Heisenberg. Dicho principio nos dice que no es posible conocer la ubicación y la velocidad de una partícula. Esto implica un hay un limitante para lo que podemos conocer de un sistema físico.

Un paso más para entender la mecánica cuántica llegó cuando Max Born presentó una interpretación de la función de onda, como una cantidad asociada con la probabilidad de observar un cierto fenómeno. Esos elementos aleatorios hicieron que fuera difícil aceptar la teoría cuántica, e incluso que fuera rechazada por algunos físicos, entre ellos el mismo Albert Einstein basado en la idea de que "Dios no juega a los dados".



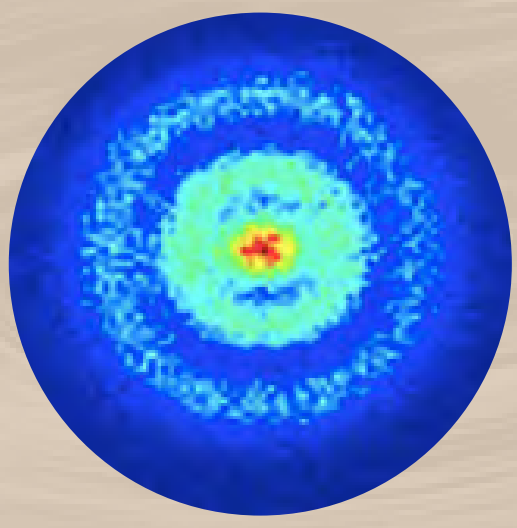


FIGURA 4

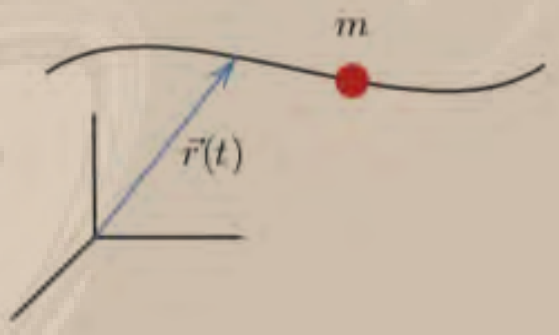


FIGURA 5

En otras palabras, en la física clásica podemos definir la trayectoria de una partícula, porque podemos conocer en todo momento su posición y su velocidad (Fig. 4) . Sin embargo, en la mecánica cuántica no podemos hacerlo, y nos debemos conformar con tener una especie de nube de probabilidad. Nos dice que el electrón del átomo quizás esté en unas regiones sobre otras (Fig. 5).

Durante el siglo XX la mecánica cuántica consolido su dominio como la teoría correcta de los fenómenos atómicos. De hecho se ha aplicado también para entender la estructura del núcleo, que consiste de protones y neutrones. Luego, para extender la mecánica cuántica a energías más altas, fue necesario formular un marco teórico que combinara la mecánica cuántica y la relatividad especial de Einstein, con lo cual fue posible explicar la estructura misma de los protones y neutrones, que ahora sabemos están formados de quarks. Pero … esa es otra historia.

LORENZO DÍAZ CRUZ
***Es doctor en Física por la Universidad de Michigan. Obtuvo el Premio Estatal Puebla de Ciencia y Tecnología en 2009. Fue merecedor de la Medalla de la DPyC–SMF (División de Partículas y Campos, Sociedad Mexicana de Física) en 2003 por su trayectoria en física de altas energías. Pertenece al SNI Nivel III. Realizó estudios en temas de educación en el Seminario CIDE–Yale de Alto Nivel en 2016. Es autor del libro* El muchacho que soñó con el bosón de Higgs.**

PSICOACÚSTICA

Mensaje del maestro Roncador

Las cinco normas de la acústica

Maestro Roncador

Hoy hace un magnífico día y me he despertado con un humor maravilloso. Es primavera, y como llego temprano al CACTAS (Centro de Altos Conocimientos Técnico–Artísticos en Sonido), me apetece andar por sus alrededores.

Encuentro una pequeña loma desde la que se domina el estacionamiento y la fachada principal del edificio. Subo a la misma, y descubro una silla de las que se instalan en las calles, anclada en lo más alto, orientada hacia esta visión. Magnífico. Pienso en la persona que ordenó colocarla ahí. Seguramente el promotor, arquitecto o constructor del CACTAS deseaba observar su obra. Me siento para reflexionar sobre los alumnos y profesores que poco a poco, van llegando, andando, en bicicletas o vehículos, aparcando y dirigiéndose hacia la entrada.

Oigo, más que veo, llegar a James Raguse, el alumno burlesco, con un vehículo trucado, que echa humo y ruido a partes iguales.

La alumna aventajada, Asor, llega en su bicicleta, de forma silenciosa, y su madre, Estnom, la Directora, aparece casi al mismo tiempo en un viejo Wolkswagen que me recuerda el de mi juventud. Las observo desde lejos sin que lo sepan. Son como dos gotas de agua, pelirrojas y preciosas. Entran juntas.

Estoy seguro que voy a hacer una clase excelente, pero los conceptos que debo explicar, no sé si serán capaces de entenderlos tan rápidamente como sería necesario.

Miro el reloj, me levanto y empiezo a bajar.

Voy directo al despacho de la Directora.

Clong - clong

Escucho este sonido incluso antes de entrar en la antesala donde está la secretaria de la Directora. Pongo la mano en el pomo de la puerta y la abro. Ella está al teléfono, al parecer escuchando la conversación y contestando con monosílabos casi imperceptibles. Seguro que me ve entrar, pero no me mira. Me siento en una de las sillas a esperar. Cuando acaba la conversación, llama a la Directora, y sin mirarme, me hace un gesto para que pase.

Estnom no se levanta de su mesa, pero me indica que me siente con una sonrisa.

Voy directo a lo que me preocupa.

—La acústica se comporta como las cargas gravitatorias en la estructura, pero con una gran diferencia: que son dinámicas y no estáticas. Por lo tanto he de hablar de conceptos de dinámica, de poco amortiguamiento, de choques por excesos de presión, y por ello debo utilizar la rigidez dinámica, la frecuencia de resonancia, la propia, la crítica, la cavitación, el número de Reynolds, …

—De acuerdo, me has convencido, pero creo que asumes un gran riesgo. Nadie hasta el momento ha impartido una clase mezclando todos estos términos y saliendo de ella con éxito. Te recuerdo que estás en el aula 202, y que es famosa por sus pataleos.

—Asumo este riesgo. —Le contesto admirándola.

Siempre tengo la sensación de que volvería a ser aceptado nuevamente por ella, pero nos separa una gran distancia temporal, y especialmente debido a mis ronquidos. De todos modos, fue ella la que al parecer insistió para que yo sustituyera al anterior profesor de ese grupo. O sea que en algo debo parecerle interesante. ¿O se trata de más cosas?

Casi es la hora. Antes de que entren los alumnos, escribo en la pizarra:

Rigidez dinámica
Frecuencia de resonancia
Frecuencia propia
Frecuencia crítica
Cavitación y número de Reynolds

De esta forma tendrán tiempo para ir asimilando lo que voy a tratar.

Al cabo de unos instantes, suena el timbre de inicio y empiezan a entrar los alumnos. El rechinar de las mesas y pupitres se mezcla con los portazos que, algunos de ellos, provocan de forma intencionada. Se oyen múltiples conversaciones que anulan ya por completo el sonido de la naturaleza que entraba por la abierta ventana.

Al parecer, nadie se ha fijado en la pizarra. Hasta que hace su entrada el alumno burlesco. Entonces todos los alumnos del fondo se callan. El resto, influenciados por la bajada de nivel sonoro, también se calla. El burlesco se dirige al lugar que le asigné en la segunda fila, al lado de la alumna aventajada. Mientras mira la pizarra, aparece una burlona sonrisa en su rostro, que no me hace presagiar nada bueno.

—Os voy a presentar los ingredientes imprescindibles para poder hablar de la diferencia entre la dinámica y la estática.

—¿Ha dicho estética?

El alumno burlesco empieza a sacar sus uñas. Siempre ha de destacar con sus comentarios fuera de lugar.

—Ya hablaremos un día de la Estética Sonora. Creo que es un tema muy poco tratado. Pero ahora no toca.

Veo que la alumna aventajada le da un codazo a su hermanastro.

—Normalmente se considera que el sonido se produce casi exclusivamente en el aire, y se olvida su parte estructural, y la dinámica. El karateka es capaz de romper un ladrillo por el centro al darle un golpe seco. —Aquí toda la clase levanta la cabeza para mirarme. —La carga que lo rompe es una carga dinámica. El mismo esfuerzo pero proporcionado de forma estática, —aprovecho que todos me miran para simular que doy un golpe de karate muy lentamente, —es decir, aplicando el esfuerzo gramo a gramo, seguramente no lo habría roto.

En esto que el burlesco simula dar un golpe a su pupitre. Oigo que dice "por lo bajini", pero suficientemente fuerte para que lo escuchen sus compañeros del fondo, que no se ha roto.

La clase se ríe. Eso es bueno, o al menos me favorece ya que no se arma una revolución. Yo aprovecho para relajarme. Hago mal.

La alumna ahora sí que lo increpa.

—La rigidez dinámica es un parámetro que indica la capacidad que tiene un material para amortiguar los impactos. Se expresa en MN/m^3. Para que un material sea elástico, y vuelva a la posición inicial después de desaparecer la fuerza que lo deformaba, se precisa que su rigidez dinámica sea la menor posible.

Ahora las caras de los alumnos muestran que no lo entienden.

—Voy a poner un ejemplo. Supongamos que este alumno, —y señalo al alumno fuertote, salta sobre una tarima bajo la cual he dispuesto un material elástico, con una rigidez dinámica muy baja, por debajo de 20 MN/m^3. Al saltar, el golpe se transmite a la tarima, y de ésta a la capa elástica, que lo disipa y reparte de forma que al forjado bajo la misma le llega una carga muy tenue y muy repartida.

Tocue, el alumno fuertote situado al otro lado del burlesco, se mueve inquieto.

—Entonces, ¿la rigidez dinámica es lo que se requiere para los materiales utilizados bajo los suelos flotantes en las viviendas, para ver la capacidad de amortiguación de los ruidos de impacto de sus pavimentos?

La pregunta me ha sorprendido gratamente. Pero no me sorprende porque proviene de Asor, la alumna aventajada.

—Ciertamente, lo has entendido a la perfección, y también para evitar la transmisión de vibraciones de máquinas

La alumna se sonroja mientras su hermanastro se mofa de tanta perfección haciendo gestos de karate en el aire.

—Ahora hablaremos de la frecuencia de resonancia y la propia.

—Yo esto lo sé perfectamente. —Dice el burlesco. —La frecuencia de resonancia es la que tienen mis amigos que resuenan por mí, y la propia es la mía, puesto que no me es ajena.

Toda la clase aprovecha para reír y el alumno se siente orgulloso de sus ocurrencias.

—Pues fíjate, lo has dicho muy bien. Porque la frecuencia de resonancia del conjunto masa-muelle, formado por el pavimento y la manta elástica anterior, es precisamente lo que determina si se transmiten o no los impactos al forjado.

—Perdona, pero para resonar ha de existir un sonido que provoque otro.

—Si, esta es la definición digamos de diccionario, pero en acústica somos más amplios y lo extendemos también a otros sonidos como impactos y a los que no oyes como las vibraciones.

Ahora el burlesco se ha quedado sin palabras. Es mejor que yo siga.

—Esta frecuencia de resonancia se puede determinar también mediante impulsos, como cuando el alumno fuertote salta sobre el pavimento. Su relación con la rigidez elástica es:

Lo escribo en la pizarra.

$$s'_{t} = 4\pi^2 m'_{t} f_r^2 ,$$

donde m'_t es la masa superficial, en Kg/m^2,
f_r es la frecuencia de resonancia
del sistema, en Hercios,
y s'_t es la rigidez dinámica del resorte,
expresado en MN/m^3

—Por lo tanto, cuanto menor sea la rigidez dinámica del material, menor será la frecuencia de resonancia del sistema, y por ello, mayor el poder aislante a impactos del conjunto. Por debajo de la frecuencia de resonancia, el material no amortigua nada los impactos, y se comporta como un sólido rígido. En cambio, por encima de la resonancia, el material absorbe parte, o incluso toda la energía del impacto, y por ello lo amortigua. ¿Queda claro?

—No. —Dice Raguse. —Entiendo que para la frecuencia de resonancia pase toda la energía de la vibración o del impacto, pero no entiendo que por encima o por debajo de ella pase o no pase.

Este alumno siempre me pone a prueba.

—Se lo explicaré yo. —Se adelanta a decir la alumna aventajada. —Supongamos que bajo la masa coloco un material muy rígido. Por ello, el valor de la rigidez dinámica será altísimo, ¿verdad?

Raguse mira a su hermanastra y afirma con la cabeza.

—Y en este caso, si no disminuye esta masa, la frecuencia de resonancia será altísima, ¿no es cierto?

—Claro, eso ya lo he entendido antes.

—Tranquilo, que sigo. Si el material tiene una rigidez dinámica que se acerca a infinito, a la frecuencia de resonancia le ocurre lo mismo, y entonces, por debajo de ella, el conjunto se comporta como un sólido. ¿Lo captas ahora?

—Veámoslo al revés. —Dice el alumno. —Si la rigidez tiende a cero, el material es hiperelástico y entonces la frecuencia de resonancia tiende a cero, por lo que los saltos del fuertote se amortiguan totalmente, incluso aunque salte en una frecuencia superior a la de resonancia. ¿Es así?

Toda la clase está admirada de estos razonamientos por límite. Se imaginan al fuertote saltando para provocar vibraciones. Solo el fuertote no se imagina en ello. Es más, creo que no se imagina saltando en ninguna frecuencia.

Creo que debo ir concluyendo. Se va acercando la hora. A estas alturas no podré hablar de las otras frecuencias, pero estoy contento.

Y cuando voy recogiendo, oigo de nuevo la voz de Raguse.

—Entonces, si pongo una losa con una gran masa, ¿puedo conseguir una frecuencia de resonancia del sistema tan pequeña que, aunque mi amigo, —aquí señala al fuertote ya levantado a su lado, —salte con la frecuencia que quiera, no pasará ninguna vibración ni impacto?

Toda la clase se queda esperando mi reacción.

Ha dado en el clavo, porque la losa inercial es fundamental para conseguir una frecuencia de resonancia muy baja, aunque entonces el material resiliente debe poder soportar esa carga y el de la concarga que se instale. Este dato es fundamental, o quedará aplastado.

Miro la pizarra. Me quedo unos instantes observando lo que hay en ella. Todavía no he cerrado el segundo punto y ya me ponen a prueba de nuevo.

Me giro para decir algo, pero los alumnos van saliendo del aula enarbolando sus sonrisas mientras suena el timbre de fin de clase.

MAESTRO RONCADOR
Experto en psicoacústica y aprendiz de lo que sea menester.

música y ciencia

El laberinto de la felicidad

Rosalía Pontevedra

Desde los más simples órganos de detección cuasi auditiva que poseen peces milenarios hasta los sofisticados dispositivos con los que diversas especies de complejidad notable se encuentran equipadas, todos presentan una belleza peculiar asociada al magnífico mundo con el que nos permiten conectarnos.

Así, el arreglo de canales y estructuras del oído interno de los vertebrados está diseñado para transformar la energía mecánica de las ondas generadas por el entorno en señales neuronales que, de esta manera, reconocemos como sonidos. En un espacio diminuto existe un laberinto que ayuda a captar y entender la realidad externa.

Tardío en aparecer a lo largo de la evolución biológica, este quinto sentido se unió al olfato, al tacto, al gusto y a la visión de muchas especies con cierto retraso. No puede competir con la vista, pero poseerlo y afinarlo genera un sinfín de goce estético, esencial no solo para los humanos, sino también para muchísimos otros grupos biológicos. Es bien sabido que un conjunto de patrones numéricos determinan los compases armónicos orientados a hacernos llorar o reír, o ambas cosas. Y el compositor está consciente de ello.

Lectura iniciática que nos conduce por los caminos de la ciencia, propiamente la física, y el arte musical, es el libro *Science and Music*, de sir James Jeans, publicado por Macmillan en Nueva York, en el año de 1937.

Caprichos sonoros en Notre Dame

En la catedral de Nuestra Señora de París también interseptan arte y ciencia, pues la disposición del espacio de este portento arquitectónico ha representado un desafío para los músicos que debieron interpretar música dentro de sus muros, contribuyendo a transformar la manera de hacer música a través de los siglos. Insatisfechos por la monofonía de los cantos gregorianos del siglo XII, los compositores idearon líneas de multiplicidad melódica a fin de saciar el vasto espacio catedralicio y su inmensa, veleidosa reverberación. Hoy, luego de los arduos y meticulosos trabajos restauradores, la piedra ha adquirido renovada blancura y, sin duda, su sonido ha cambiado, quizás de manera imperceptible, y lo ha hecho empujando a los nuevos creadores a jugar con ese nuevo escenario. Es un elocuente ejemplo de música hecha a partir del conocimiento científico.

Haciendo cantar las maderas y los metales

Diseñar, fabricar instrumentos musicales implica moldear, tallar, ensamblar hojas provenientes de una enorme variedad de especies vegetales. La madera no suena hasta que se templa y se engalana con orificios oportunos; el metal debe ser calentado, enfriado, bruñido si se quiere que brille en el concierto. Hay mucho conocimiento científico y tecnológico aplicado en la creación de ingenios de aliento, de cuerdas, percusivos matemáticamente propositivos, físicamente impecables.

Sonidos eléctricos

El descubrimiento de la electricidad es uno de los hitos en la historia humana y, por tanto, del arte musical. En los albores de este campo de la física, a fines del siglo XIX, se inventaron algunos órganos eléctricos, aunque no tenían potencia ni profundidad sonora. Con la invención del fonógrafo y el micrófono se intensificó el idilio entre tecnología y música. Los alocados años de la década de 1920 exaltaron semejante romance.

Cuando una pastilla cambió todo

La música electrónica significó un salto espectacular en el disfrute del mundo sonoro. Pero fue la invención de la pastilla acoplada a una guitarra eléctrica y amplificada por bocinas como tótems lo que significó una revolución total. Se trata de un sencillo dispositivo electromagnético que convierte las vibraciones de las cuerdas en señales eléctricas. Chuck Berry, B.B. King, Jimi Hendrix, Pete Townshed, Jimmy Page, Eric Clapton, George Harrison, entre otros, dieron una vuelta a la página en la historia de la música, haciendo que nada volviera a ser igual.

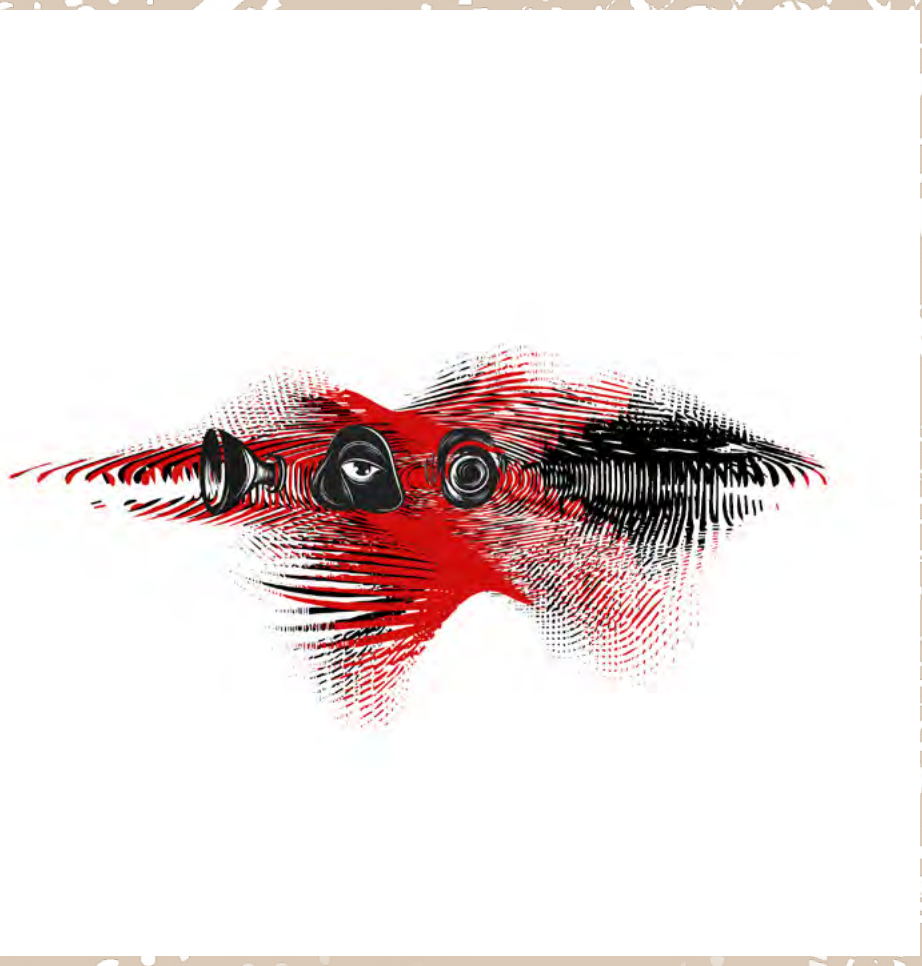
Electrónicamente IA

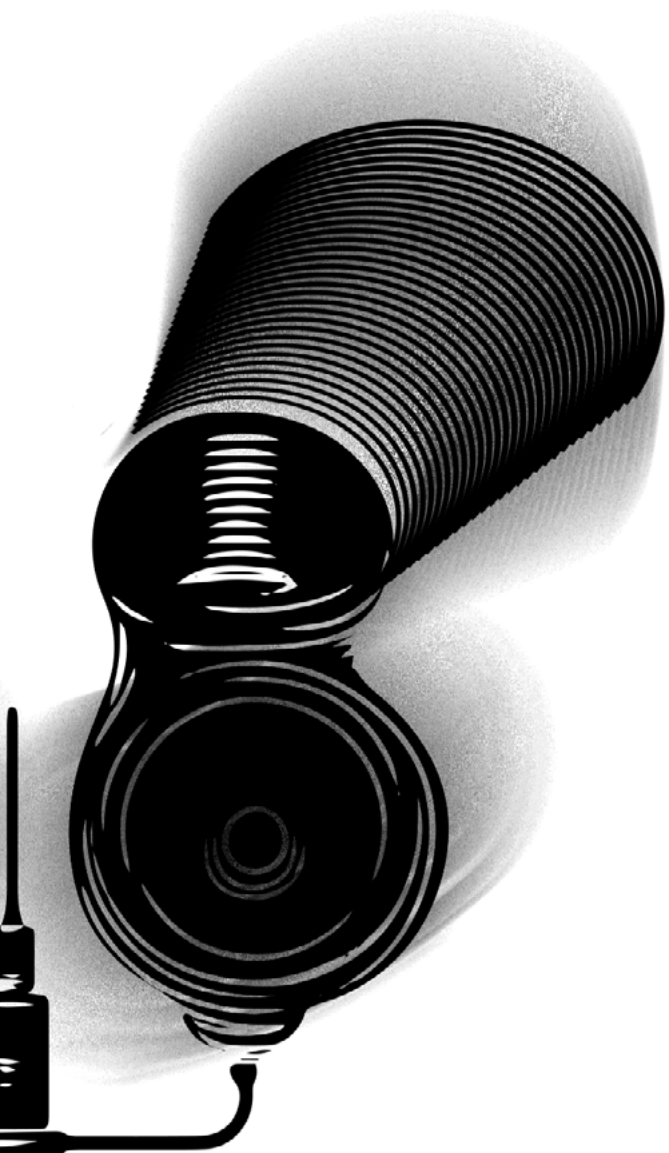
La ciencia de la música creció exponencialmente al lograrse la hazaña tecnológica de la microelectrónica. Procesadores más veloces en espacios ínfimos, programas informáticos que ensamblan armonías y ritmos, correctores de tempo, algoritmos generativos son ejemplos de la amplia gama de herramientas e instrumentos con los que se compone música hoy en día. Nadie ni nada está fuera de su dominio, ni siquiera quienes tocan instrumentos analógicos.

Ciencia de la música, ¿música de la ciencia?

Está claro que existe un fértil vínculo entre estos dos ámbitos del conocimiento, aunque también es cierto que la comunicación se inclina de manera abrumadora hacia un lado. Hay conceptos, hechos de la ciencia y la tecnología que han determinado inequívocamente la música de los humanos y de otras especies, pero hay escasos intentos de componer música inspirada en la ciencia. Lo que fluye de un lado al otro se atora al regreso.

La portada de Pink Floyd con el prisma de Newton en el álbum *Dark Side of the Moon* (1973), o la de Joy Division con la imagen del primer púlsar registrado en la historia en su disco *Unknown Pleasures* (1979) son solo evocaciones sin ningún asidero real entre ambos mundos. De esta misma manera lírica Franz Joseph Haydn se acercó, en 1777, a la inmensidad del cosmos mediante la ópera *Il Mondo della Luna*.





Doscientos años después, en 1977, el trompetista norteamericano de jazz, Don Ellis, grabó *Music from Other Galaxies and Planets*, en un intento de imaginar cómo serán aquellos sitios remotos. Diez años antes, en 1967, los Rolling Stones lanzaron el LP *Their Satanic Majesties Request*, en el que incluyen las piezas "Citadel" y "2000 Light Years from Home" con el mismo propósito. Un año más tarde, en 1968, los Beatles incluyeron en su álbum *Let It Be* la pieza "Across the Universe", una mirada ingenua con ribetes filosóficos.

Sin embargo, todas ellas son expresiones literarias sobre algo que apenas conocemos y que nadie ha experimentado en carne propia. Eso no evitó, desde luego, que nuestros abuelos, incluso hoy nosotros, gocemos con sus creaciones inspiradas con ambos pies puestos en la Tierra.

Aun así, se vale imaginar. El magnífico Kronos Quartet se aventura en *Sun Rings* (2019) a proponer sonidos que pretenden transportarnos a parajes siderales; es una obra que busca recordarnos la conexión entre la naturaleza de las estrellas y las partículas subatómicas. No puede obviarse *Sirius* (1970) del gran exponente de la música electrónica de mediados del siglo XX, Karlheinz Stockhausen, y la del notable pianista de música experimental, John Cage, *Atlas Eclipticalis*, compuesta entre 1961 y 1962; esta última se inspira en cartas astronómicas elaboradas por el astrofísico Antonin Becvar.

ROSALÍA PONTEVEDRA
Escritora de ciencia, radica en Madrid.

Tlatlakni.[1] Música y pueblos originarios

•1 Del totonaco ‘música’.

Iván Deance

Ya pasadas las 6:30 de la tarde, el día se encontraba listo para despedirse del horizonte en medio de un atardecer estival. El sol que en su cenit cayó a plomo, dejó una larga estela de calores propios de esa época del año. El ambiente era una explosión de olores que iban de las matas de pimienta, al picante hedor del corral de los puercos. Ahí mismo se aderezaban los humores de cerveza y destilado de caña de los hombres sentados en la banca de afuera y que contrastaban con la dulzura del guajolote hervido entre borbotones de mole rojo y leña de chaca en un rústico fogón.

La gente había comido y bebido durante un par de horas, pero no se percibía un ambiente festivo. Los últimos rayos del día se colaban por las rendijas que la pasada temporada de lluvias había dejado caer sobre la vieja lámina de cartón empetrolado, la cual servía de techo a una pequeña casa de madera y bejucos de tarro sobre aquella loma tras el cafetal.

Justo bajo uno de esos haces de luz que hacen visible el polvo levantado de la tierra apisonada en el interior de la casa, estaba una joven morena de hermoso rostro redondo y mejillas coloradas. Su piel era de un oscuro suave como aquel que se mira en el fondo de los pozos cuando hay luna nueva; su vestido estaba arrugado, los holanes de su larga y ampona falda estaban llenos de tierra por tanto arrastrarse al andar de su dueña; la costura estrecha sobre su cintura trataba de resaltar la figura de una mujer, no sin antes demostrar que era solo una niña viviendo ese día de fantasía de madurez. Era el día de sus quince años. El azul cielo de su vestido contrastaba con el negro de sus ojos y la blancura de sus dientes, que dejaban ver una sonrisa sincera pero preocupada.

El padre de la quinceañera, de pantalón café, camisa desfajada y huaraches de correa, se quitaba su sombrero para frotarse la cabeza en pleno gesto de angustia mientras se asomaba una y otra vez a la vereda que llega a la casa desde el otro lado del cerro. Las ligeras canas que pespunteaban su cabello parecían multiplicarse.

En la cocina, las mujeres que echaban tortilla seguían su hipnótico ritmo lleno de voces que rompían el silencio dejado tras los chasquidos de las corcholatas brincando al abrir las botellas de cerveza. Los comentarios sobre el intenso calor, ese que deja la frente sudorosa y la espalda mojada, eran el tema de conversación. Ya la fiesta estaba en marcha: los rostros de los padrinos, las comadres en la cocina, los invitados que venían de lejos, los vecinos del pueblo, la comida, la bebida, ¡vaya!, hasta estaba presente un mestizo descabellado que no hacía más que observar, beber y sobre todo, escuchar.

En mi mente fuertemente moldeada por la música occidental, esa que llaman académica y a veces clásica, no podía evitar construir una sinfonía en la que solo faltaba dar un nombre a cada movimiento. Por aquel lado, los alientos eran representados por los suspiros de la festejada y su progenitor al unísono en *largetto*, mientras que las percusiones en las palmas de la comadres echando tortilla marcaban un *andante moderato*, sin dejar de lado el *allegro* de las pisadas que hacía un racimo de niños correteando al gato alrededor de la casa. Todo parecía ir trágicamente *rallentando* hasta que en lontananza, tras aquellas matas de pimienta, se asomaron los orgullosos sombreros que dieron final a la ansiosa espera. El ambiente denso fue cortado por la afilada voz de la quinceañera al gritar con singular alegría: ¡Llegaron los huapangueros!

En los pueblos originarios de Mesoamérica, la música no es solo un arte, es un latido que se transmite de generación en generación. No ha sido silenciada por el tiempo ni por las fronteras impuestas, ni por la migración, ni por la castellanización. En cada comunidad, los sonidos se entrelazan con la vida cotidiana, con la memoria de los ancestros y con la fuerza de la naturaleza.

En las sierras al norte de Puebla, el violín, la jarana y la huapanguera marcan el ritmo de los huapangos, mientras las coplas cantadas se alzan como plegarias a los cerros y a la tierra. Los versos improvisados son testimonios vivos de las cosmovisiones indígenas, pero también de las mestizas.

Ahí donde el viento, el río y la montaña conversan con las personas, ahí donde los susurros de los animales que se arrastran, enseñan los sones viejos y los cantos de los pájaros inspiran los nuevos, los totonacos, hacen sonar su música con el mismo respeto con el que se le habla a la lluvia y a Kiwiqolo, el dueño del monte, esperando sus bendiciones para fertilizar la milpa.

Por su parte los nahuas del centro del estado, esos que habitan en las Cholulas, tocan el huehuetl con solemnidad. Cada golpe en la piel del tambor es un eco del pasado, un llamado a las entidades que aún vigilan. La chirimía casi extinta, acompaña al huehuetl en las festividades y las celebraciones comunitarias, donde el sonido es más que música. Es pertenencia, resistencia y memoria.

Escuchar y comprender la música de los pueblos originarios en nuestro estado es una tarea tan compleja como aprender nuevos idiomas de culturas lejanas. La música no solo es estética y estilo como sucede en nuestras culturas mestizas. La música indígena siempre está ligada a rituales, historias del pasado que no se quieren olvidar, enseñanzas de los antepasados y las ancestras, sucesos sobrenaturales y desde luego amores y muchos, pero muchos desamores.

Desde mi tierna juventud pude escuchar la música de los pueblos originarios del norte estado de Puebla y más tarde del centro, pero no fue sino hasta que la pude contrastar con la música allende sus fronteras que pude comprender un poco más de ella.

Más al norte de nuestro estado, los yaquis han preservado la conocida danza del venado en donde parte esencial del ritual está en la música. La flauta de carrizo imita el susurro del viento en la selva, mientras que el raspador de caparazón de tortuga evoca el andar del animal sagrado. Y cuando se estudian sus costumbres, se comprende que más que un baile, es un homenaje a la vida y un diálogo con la naturaleza.

Más al norte y luego de un año estudiando la lengua rarámuri, pude escuchar en la Sierra Tarahumara su baile al ritmo de los violines de tres cuerdas y sus percusiones hechas con panderos de cuero y con los pies descalzos en la tierra roja. La música los guía en las celebraciones y en los momentos de introspección. Los cantos de los ancianos son como consejos cantados, relatando los tiempos en los que la comunidad era inseparable de la naturaleza y hasta cuando el gallo canta, en rarámuri se dice que lo hace agradeciendo al creador. Mi abuela Virginia de Necaxa me decía que el gallo cantaba diciendo "kikirikí", pero el abuelo Abelardo, un rarámuri de Norogachi me enseñó a escucharlo diciendo "nateterabá", gracias en la lengua de la Sierra Tarahumara.

Mas la música en los pueblos originarios no solo habita en los rituales. Está en la jornada del campesino que siembra el maíz, en el amasado de la cocinera en el metate, en el pescador que entona melodías mientras pesca, en las familias que silban al recoger el café, en la niña que aprende sus primeros acordes en un hogar de bejuco y palma. La música de los pueblos originarios no es un arte relegado al pasado, es un presente vivo que respira, canta y se transforma con cada generación.

Hoy día, los músicos indígenas llevan sus sonidos a nuevos escenarios en las ciudades. Sus instrumentos, antes relegados a las montañas y los valles, encuentran su lugar entre amplificadores y festivales, en grabaciones y en fusiones con géneros contemporáneos. La música indígena sigue sonando, adaptándose sin perder su esencia. Y aunque me gusta pensarla como un eco del pasado ahora sé que es más bien un conjunto de voces que siguen vivas, puñados de testimonios de pueblos que, a través de sus canciones, siguen contando sus historias donde quiera que estos se encuentren y cualesquiera que estas sean.

IVÁN DEANCE

Nacido para el registro de la memoria, se ha dedicado a la preservación de historias e imágenes sobre minorías en México y otras partes de Latinoamérica desde hace más de 20 años. Antropólogo, historiador y comunicólogo de carrera y corazón, tiene experiencia en investigación sociocultural, historia oral y gestión de archivos fotográficos y sonoros. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y ha desarrollado amplia experiencia en el estudio de las lenguas y las culturas de las Sierra Nororiental de Puebla. Ha sido profesor invitado en universidades y centros de investigación en España, Colombia, Ecuador, El Salvador, Polonia y Portugal. Le encanta escuchar historias, jugar yoyo, hablar en esperanto y comer caldo de pollo.

Presentación en Sofia, Bulgaria, junto al cuarteto “Siluet”, conformada por músicos búlgaros y la artista Dorit Chrysler, ejecutando su Threremin, instrumento musical que capta ondas electromagnéticas de alta frecuencia.

MÚSICA DE FONDO ...CÓSMICA

Arturo Fernández Téllez
Guillermo Tejeda Muñoz

Hace aproximadamente,14 mil millones de años un enorme cataclismo dio origen al universo. Toda la materia-energía que lo forma, incluyendo el espacio y el tiempo donde se aloja esto que llamamos Universo apareció, como resultado de la “Gran Explosión (Big Bang)”. Las partículas elementales, los núcleos atómicos, las estrellas, galaxias, cúmulos de galaxias, los hoyos negros, el espacio interestelar y todo lo que forma el cosmos fue apareciendo a medida que transcurría el tiempo. La señal más contundente de que así se originó todo es la radiación de fondo, un manto electromagnético que se puede percibir en cualquier lugar del universo[1].

La cosmología, la astrofísica, la astronomía y otras disciplinas científicas han aportado observaciones y modelos que intentan explicar lo que ha acontecido desde ese remoto acontecimiento; en base al estudio de la evolución de todo lo que nos rodea, intentan además predecir qué sucederá en el futuro[2].

Detectores del Piano Cósmico; a la derecha, la caja con la electrónica necesaria.

El ser humano, habitante del planeta Tierra, ha observado el cielo desde tiempos remotos, registrando el movimiento de los objetos estelares que nos rodean, usando la visión ocular y otros instrumentos que ha creado para detectar la luz que emiten los astros o la energía que depositan los rayos cósmicos al interactuar con la atmósfera terrestre. Enseguida comentaremos sobre un instrumento que detecta la llegada de los rayos cósmicos a la Tierra, produciendo un efecto que capta la atención de aquellos que lo encuentran a su paso.

Los rayos cósmicos son aquellas partículas que resultan de las reacciones nucleares que suceden en el interior de las estrellas u objetos cósmicos activos como cuásares, pulsares, entre otros objetos. En el centro de ellos se concentra una enorme cantidad de materia, sometida a gran presión y a muy alta temperatura.

Estas condiciones físicas provocan fenómenos nucleares como la fusión nuclear que convierte núcleos de átomos ligeros en otros más pesados, dando lugar a la liberación de grandes cantidades de energía, en forma de radiación electromagnética y partículas muy energéticas que son expulsadas de los núcleos de las estrellas.

A veces las partículas se aceleran todavía más debido a los campos magnéticos que rodean estos objetos astrofísicos y finalmente son expulsados con altísimas energías, mucho mayores que la energía de los aceleradores de partículas que se han construido en laboratorios terrestres.

Tales partículas son los rayos cósmicos que viajan a por el espacio interestelar hasta que llegan a nuestro planeta y chocan con las moléculas de la atmósfera terrestre, dando lugar a una cascada de partículas minúsculas, como electrones, positrones, muones, protones, piones o kaones, que se dirigen hacia la superficie de la Tierra. Un porcentaje muy alto (mayor al 90%) de estas partículas resultantes de los choques entre la atmósfera y el rayo cósmico es absorbida por el aire o las nubes, provocando que solo las partículas menos interactuantes y con mucha energía, lleguen al suelo.

Los rayos cósmicos son aquellas partículas que resultan de las reacciones nucleares que suceden en el interior de las estrellas u objetos cósmicos activos como cuásares, pulsares, entre otros objetos. En el centro de ellos se concentra una enorme cantidad de materia, sometida a gran presión y a muy alta temperatura.

CERN Open Day, 2013.

El Piano Cósmico en el festival “Rototom 2024”, en Benicassim, España.

En su gran mayoría, las partículas que alcanzan la meta terrestre son los muones, aquellas partículas leptónicas, “primas de los electrones” pues son (casi) idénticos a estos, pero con una masa mucho mayor, cercana a 200 veces la masa de los electrones. A los muones resultantes de los choques del rayo cósmico que provoca la cascada de partículas, los llamamos rayos cósmicos secundarios[3].

El Piano Cósmico[4] es el instrumento que detecta los muones cósmicos (rayos cósmicos secundarios) que llegan al suelo. Cada vez que algún muon cósmico pasa por los sensores de este aparato, se producen destellos de luz y “bips” de sonido, atrayendo fuertemente la atención de aquellos que se encuentran este instrumento en ferias científicas, festivales de música o salas de concierto. Las personas que instalan el Piano Cósmico, que regularmente son estudiantes de física o investigadores del grupo ALICE-BUAP aprovechan el momento en que la gente observa cómo funciona este artefacto para explicar qué son las partículas elementales, los rayos cósmicos e inclusive se dan tiempo para disertar sobre el origen del universo.

Los astrofísicos y cosmólogos nos han reportado que existe muchísimas estrellas en el universo, algunas de ellas similares a nuestro Sol. La cantidad de estos objetos estelares es indescriptiblemente grande, pues es del orden de 10 cuatrillones de astros, que en potencias de diez corresponde a 10^{25} estrellas, esto es un 1 seguido de 26 ceros.

Por consiguiente, existe una cantidad aún más grande de rayos cósmicos que viajan a todo lo largo y ancho de nuestro universo en todas direcciones, moviéndose con una gran energía, a velocidades relativistas.

Es de esperarse que muchos de estos rayos cósmicos logran llegar al sitio donde se encuentra el planeta Tierra. Podemos concluir entonces que el número de veces que los rayos cósmicos chocan con nuestra atmósfera es muy grande. El estudio de los rayos cósmicos más energéticos y su conexión con los astros que los producen es materia de estudio actual, avanzando continuamente en el entendimiento del universo.

Recientemente, el experimento ALICE-LHC del CERN, reportó resultados de sus observaciones en esta área, en una de las revistas especializadas, de más prestigio en el área de la cosmología y la astrofísica[5].

El Piano Cósmico es el instrumento que detecta los muones cósmicos (rayos cósmicos secundarios) que llegan al suelo. Cada vez que algún muon cósmico pasa por los sensores de este aparato, se producen destellos de luz y “bips” de sonido, atrayendo fuertemente la atención de aquellos que se encuentran este instrumento en ferias científicas, festivales de música o salas de concierto.

Presentación en el legendario Festival de Jazz de Montreux, 2016.

La profusa llegada de muones cósmicos a la superficie terrestre produce múltiples destellos luminosos y sonidos, al activarse los cinco sensores, técnicamente llamados detectores de muones, del Piano Cósmico. Cada uno de los detectores produce una nota musical con una frecuencia auditiva, generando un "ruido pentatónico" aleatorio que, ocasionalmente, crea ritmos musicales que invitan a bailar a los que ven cómo funciona nuestro Piano[6,7]. Estos ritmos musicales, ocasionados por la llegada de muones cósmicos a la Tierra, se pueden detectar a toda hora, en cualquier parte del globo terráqueo, así sea en el día, la madrugada, la mañana, la tarde la noche, en cualquier momento del año, en cualquier parte del mundo, ya sea Puebla, Ginebra, Tokio, el Polo Norte, el Polo Sur, etcétera.

Para comprobarlo, basta con poner a funcionar el Piano cósmico en cualquier lugar, a toda hora. Inclusive, si pudiéramos colocar decenas o centenas de pianos cósmicos en diversos lugares del mundo, "escucharíamos" el pulso del universo, o la música de fondo del cosmos. Esto es, podríamos escuchar el *ruido de fondo cósmico del universo…*

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

ARTURO FERNÁNDEZ TÉLLEZ
Arturo Fernández Téllez, físico de la BUAP, es decano de la investigación científica dedicada a comprender la estructura íntima de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- *The first three minutes*, Steven Weinberg, Ed. Basic Books, 1993; *A Briefer History of Time*, Stephen Hawking, Ed. Bantman, 10th anniversary edition 1998.
- *Modern Cosmology*, Scott Dodelson and Fabian Schmidt, Ed. Academic Press, 2025; *Cosmology*, Steven Weinberg, Oxford University Press, 2008.
- *Cosmic rays and Particle Physics*, Thomas Gaiser, Ralph Engel, et. al, Ed. Cambridge University Press, 2016; *High Energy Cosmic Rays*, Todor Stanev, Ed. Springer, 3rd edition, 2021.
- El Piano Cósmico es una invención de la BUAP, con Titulo de patente No. 311700 del IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), fecha de otorgamiento de patente: junio de 2013.
- "Analysis of multimuons in cosmic ray events with ALICE detector at CERN LHC", Arturo Fernández Téllez, Mario Rodriguez Cahuantzi, et. al. (The ALICE-LHC Collaboration), JCAP04(2025)009, link https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/04/009.
- "Cosmic Piano: a modular scintillator-based muon detector for scientific outreach", Guillermo Tejeda Muñoz, Luis Alberto Perez Moreno, Simone Ragoni, Hector David Regules Medel, Arturo Fernández Téllez and Yael Antonio Vasquez Beltran, *Journal of Physics Education*, Vol. 60, Number 3.
- El Piano Cósmico se ha presentado en diversos foros científicos, ferias científicas y festivales de música. Recientemente, se presentó la ponencia "The Cosmic Piano, a particle detector for physics and outreach purposes", en el International Congress on High Energy Physics, en Praga, Republica Checa, en Julio, 2024. El artículo que reporta los resultados de esta ponencia, apareció en las memorias de este prestigiado evento científico, con la referencia: "The Cosmic Piano, a particle detector for physics and outreach purposes", A. Fernández Téllez, G. Tejeda Muñoz. H. D. Regules Medel, and Y. A.Vásquez Beltrán.

GUILLERMO TEJEDA MUÑOZ
Realizó estudios de Licenciatura en Ciencias de la Electrónica en la Facultad de ciencias de la Electrónica, Maestría en optoelectrónica y Doctorado en Física Aplicada en la FCFM de la BUAP.

Dentro de la colaboración ALICE-CERN ha colaborado en el desarrollo de la electrónica del detector ACORDE, participado el sistema de lectura de datos del detector TPC, en el detector ITS colaboró en las pruebas de tecnologías de semiconductores para los detectores de pixel.
En la colaboración BELLE II desarrolló el sistema electrónico del detector LABM (Large Angle Beamstrahlung Monitor) y en la actualización de la electrónica que aún está en operación.

Actualmente me encuentro desarrollando el sistema electrónico del detector MuonID que será parte de ALICE 3. Este detector contará con 7200 canales y podrá realizar mediciones de tiempos menores a 40 ps.

ACTUALIDADES DEL MERCURIO

¿Se acaba el helio de la Tierra?

De tanto en tanto escuchamos esta noticia. Pero es cierto, la disponibilidad de este gas inerte en nuestro planeta es limitada, pues no se puede producir de manera artificial. En los últimos años, diversos laboratorios han tenido problemas para obtener un suministro continuo de dicho elemento químico, viéndose obligados a reducir sus experimentos. La vida contemporánea exige diversos sistemas de criogenia, cuyo "combustible" es helio, ya que su punto de ebullición es de -269 ºC y su densidad es muy baja. El Centro Europeo de Investigaciones Nucleares requiere de mucho helio a fin de mantener el colisionador a la temperatura adecuada para operar adecuadamente. Lo mismo sucede con la industria espacial, donde el gas es vital también para mantener fríos los dispositivos. Quienes practican buceo de profundidad dependen del helio con objeto de controlar el paso de oxígeno y nitrógeno en sus artefactos respiratorios, pues de esa forma evitan los malestares por descompensación. Los hospitales consumen alrededor del 32% de la demanda mundial. Por si no fuera poco, es complicado extraer, almacenar y transportar las reservas de la corteza terrestre. La única otra fuente se encuentra al interior de las estrellas en las que se producen violentas reacciones nucleares. Si bien no parece inminente su crítica escasez en la Tierra, ya que se halló una enorme reserva en Tanzania, de cualquier manera diversos grupos de investigación están ideando máquinas que usen el mínimo de este preciado gas.

Navegante
Hallazgos en la red mientras se pesca

El sonido duerme. Al despertar, un animal de símbolos establece correlaciones y asume que un instrumento "está llorando", "se está riendo", "se lamenta" ... llegan más animales con quienes comparte la rebanada de sonido y le dicen: "¡es cierto!". O se muestran incrédulos, o se maravillan, o les es indiferente o buscan manera de volverlo redituable. Magia cotidiana, ciencia diaria. ¿Solo el instrumento sabe lo que siente, alguien siente a través de éste? –OCPNauta.

Para ir desde el PDF al vínculo, dé CLICK a la imagen.

saramagro_ttn

Déjame piedra

Orugas sabias

Tradicionalmente, los venenos extraídos de arácnidos, artrópodos arácnidos (alacranes y escorpiones) han servido para extraer de ellos eficaces antídotos. Menos conocido es el hecho que, desde hace tiempo, docenas de especies de orugas se han estudiado debido que en la mayoría de los casos sus venenos no son mortales, al menos no por el contacto con un individuo, contienen hasta un centenar de moléculas, algunas de ellas con potencial uso en farmacia. Las orugas del género *Lonomia* con venenos más agresivos, incluso mortales, habitan en la Amazonia y suelen causar fuertes inflamaciones de por vida, o, peor aún, obstaculizar la coagulación sanguínea.

K2-18b, aquí la Tierra

Mediante el telescopio James Webb, un grupo de investigadores de la Universidad de Cambridge afirman haber encontrado aún mayores evidencias de que ese distante exoplaneta (120 años luz), localizado en la constelación de Leo, posee algunas condiciones factibles para albergar moléculas de interés biológico, incluso organismos elementales. Se trata de un cuerpo astral súper masivo, con 8.6 veces la masa de la Tierra, en el que hace años el telescopio Hubble detectó indicios de dióxido de carbono y metano. Hoy el Webb ha confirmado su presencia, lo cual lo coloca como candidato serio a contener trazas de vida, si bien hay astrofísicos escépticos. Abundante dióxido de carbono y metano, aunado al poco amoniaco detectado avivan las esperanzas de que debajo de su superficie haya un océano de agua, así como una atmósfera rica en hidrógeno. Se verá.

suenabarro

Mientras barro

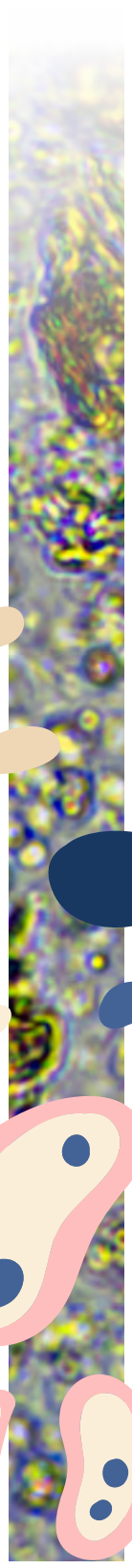
Sara Gaviria Piedrahita

Me suena

Clara Rocks!

TODO contenido de esta colaboración pertenece a sus respectivos autores/propietarios y se comparte con la idea de difundir.

CÓMO LOS MICROBIOS INFLUYEN EN NUESTRA SALUD MENTAL



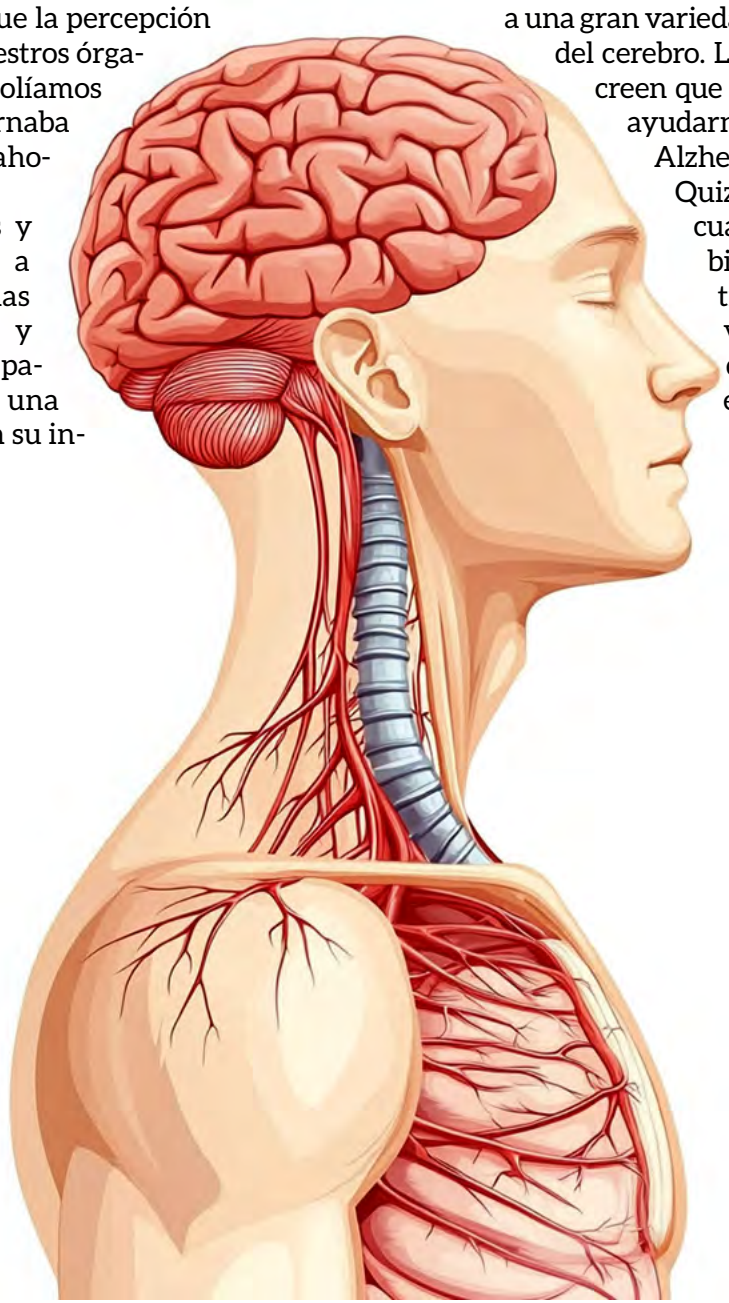
Gabriela Pérez

Nuestro microbioma intestinal se ha relacionado con enfermedades como el Parkinson y el Alzheimer.

Sientes tensión en la boca del estómago cuando comienzas tu gran charla pública. Sientes mariposas mientras esperas los resultados de los exámenes. Un mentor le dice que confíe en sus instintos a la hora de tomar una decisión profesional. No es de extrañar que los pensadores antiguos vieran el intestino como el asiento de las emociones, o que un médico medieval incluso propusiera que la percepción y nuestra alma residían en nuestros órganos digestivos. En la historia solíamos pensar que el intestino lo gobernaba todo, lo cual parece divertido, ahora que volvemos a eso.

Los resultados de pacientes y modelos animales implican a los microbios intestinales en las enfermedades de Parkinson y Alzheimer. La mayoría de los pacientes de Parkinson tienen una firma microbiana distintiva en su intestino. Si se coloca este microbioma en un ratón con Parkinson, su condición se deteriora. Si se elimina el microbioma de los ratones con Alzheimer o esclerosis múltiple (EM), su enfermedad mejorará, esto sugiere que el microbioma participa en la enfermedad.

No se trata sólo de enfermedades. Los ratones sin bacterias intestinales están más ansiosos. Un estudio de 2011 convirtió a ratones tímidos en exploradores al intercambiar sus microbios intestinales con ratones valientes. Este experimento demuestra que el microbioma puede afectar a una gran variedad de funciones y actividades del cerebro. Los investigadores del estudio creen que tales investigaciones pueden ayudarnos a tratar a pacientes con Alzheimer y esclerosis múltiple. Quizás no sea tan sorprendente cuando el intestino alberga 100 billones de bacterias, según estimaciones, alrededor de 10 veces el número de células del cuerpo humano y han evolucionado con nosotros.



Carretera intestino-cerebro

La evidencia inicial de que los microbios influyen en nuestro cerebro provino de estudios en animales. “Cuando se pasa de un ratón libre de gérmenes a uno colonizado, la química es un 70% diferente en el intestino pero también un 20% diferente en el cerebro”, afirma Pieter Dorrestein, químico de la Universidad de California en San Diego, Estados Unidos. Las ideas heréticas se han vuelto comunes. “Si dijera hace 10 años que el Parkinson, el Alzheimer e incluso la obesidad están influenciados por microbios, recibiría miradas extrañas”, dice,“pero los datos que se han acumulado, probablemente sean el mayor cambio en la medicina”.

La forma en que los microbios intestinales ejercen tal influencia reside en tres conexiones principales entre el intestino y el cerebro. Primero, el intestino está repleto de nervios conectados al cerebro; en segundo lugar, entre el 70 y el 80 % de nuestras células inmunitarias se encuentran en el intestino y algunas viajan al cerebro; tercero, los microbios generan o controlan una gran cantidad de moléculas biológicamente activas, incluidas hormonas y neurotransmisores. Los tres caminos que van del intestino al cerebro también se cruzan entre sí.

Una característica importante del Parkinson es que los microbios que son antiinflamatorios están muy disminuidos.

Una clase de compuestos bioactivos son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), compuestos que se producen cuando algunas bacterias fermentan la fibra en la parte inferior del colon. La fibra de frutas y verduras se convierte en moléculas cortas (de dos a cuatro carbonos de largo) como butirato, propionato y acetato. Se sabe que el butirato actúa como agente antiinflamatorio. Algunas bacterias Clostridium producen una gran cantidad de butirato y tienen una larga historia como probióticos.

El butirato interactúa con proteínas que controlan qué genes se activan en las células inmunitarias. Estos SCFA “son moléculas muy cortas, pero fundamentales para modular nuestro sistema inmunológico”, dice Sergio Baranzini, neurocientífico de la Universidad de California en San Francisco, Estados Unidos. «Añadir butirato o propionato a la dieta o incluso a las células inmunitarias en un cultivo modula la acción de las células T», un tipo de glóbulo blanco entrenado para matar células sospechosas, reuniendo células T reguladoras, sus controladores.

Fundamentalmente, nuestra dieta influye en los compuestos microbianos. Los alimentos procesados se absorben con demasiada facilidad, por ejemplo, matando de hambre al microbioma. “Una dieta diversa y rica en fibras promueve una comunidad de bacterias más diversa y se producirán más ácidos grasos de cadena corta”, dice Baranzini. “Si sólo hay comida rápida, las bacterias de nuestro intestino tendrán poco que procesar y obtener estos ácidos grasos de cadena corta”.

Esto pone de relieve el papel de la dieta en las enfermedades cerebrales. Una característica importante del Parkinson es que los microbios antiinflamatorios, que crean ácidos grasos de cadena corta, están muy disminuidos. Un estudio reciente de 490 personas con Parkinson y 234 personas sanas identificó 85 especies de microorganismos intestinales relacionados con el Parkinson, algunos aumentados, otros disminuidos, con una reducción de los agentes antiinflamatorios.

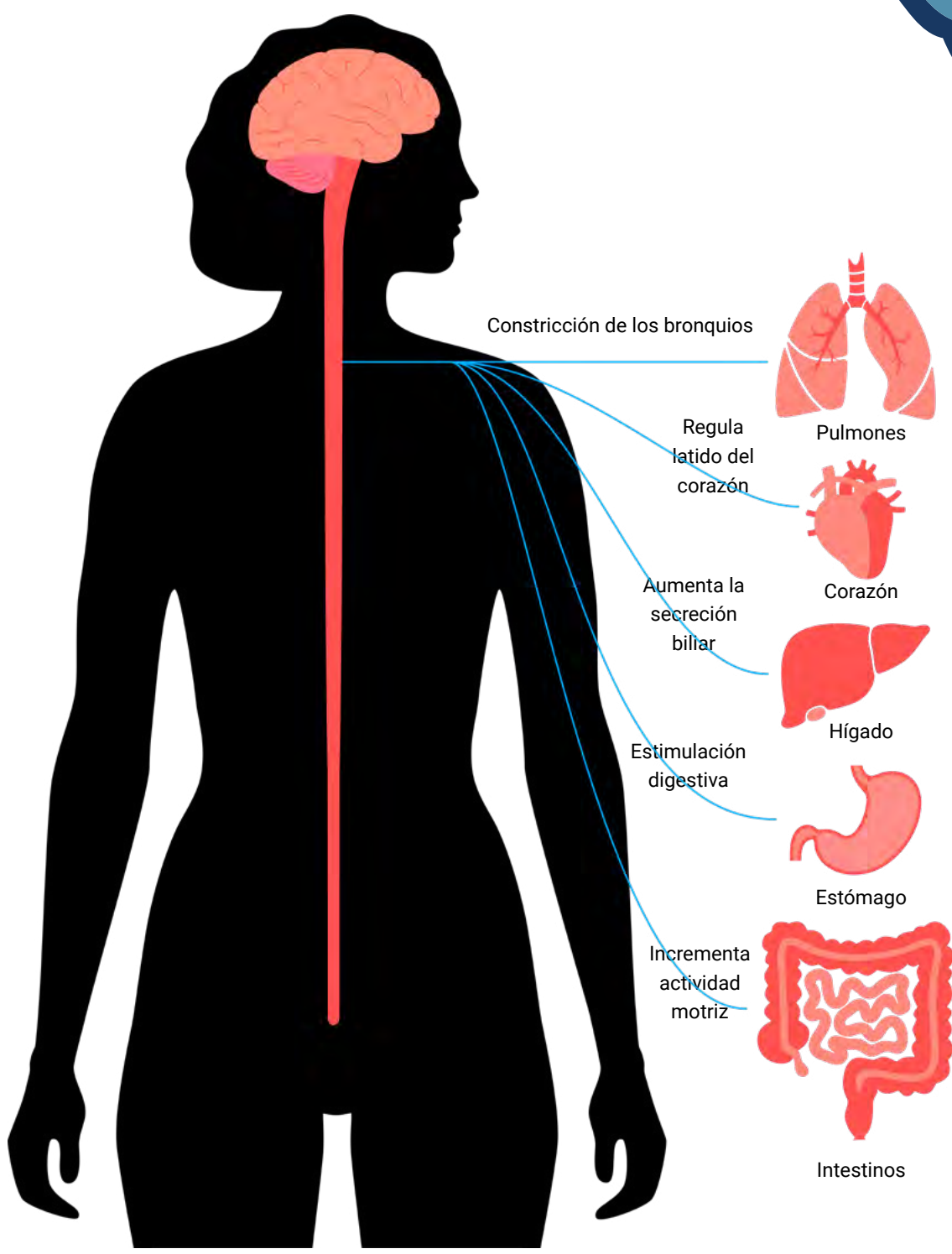
La conexión intestinal del Parkinson

El Parkinson es una enfermedad progresiva con síntomas de temblor, dificultad para caminar y rigidez, diagnosticada principalmente en personas de 60 años o más; hay una pérdida de neuronas dopaminérgicas y nudos anormales de alfa-sinucleína (cuerpos de Lewy) en el cerebro. Sin embargo, cada vez hay más pruebas de que el Parkinson puede aparecer en el intestino. Los pacientes frecuentemente experimentan síntomas intestinales, en particular estreñimiento, una década antes del diagnóstico. Un estudio detectó cuerpos de Lewy en el tracto gastrointestinal (GI) de pacientes hasta 20 años antes del diagnóstico.

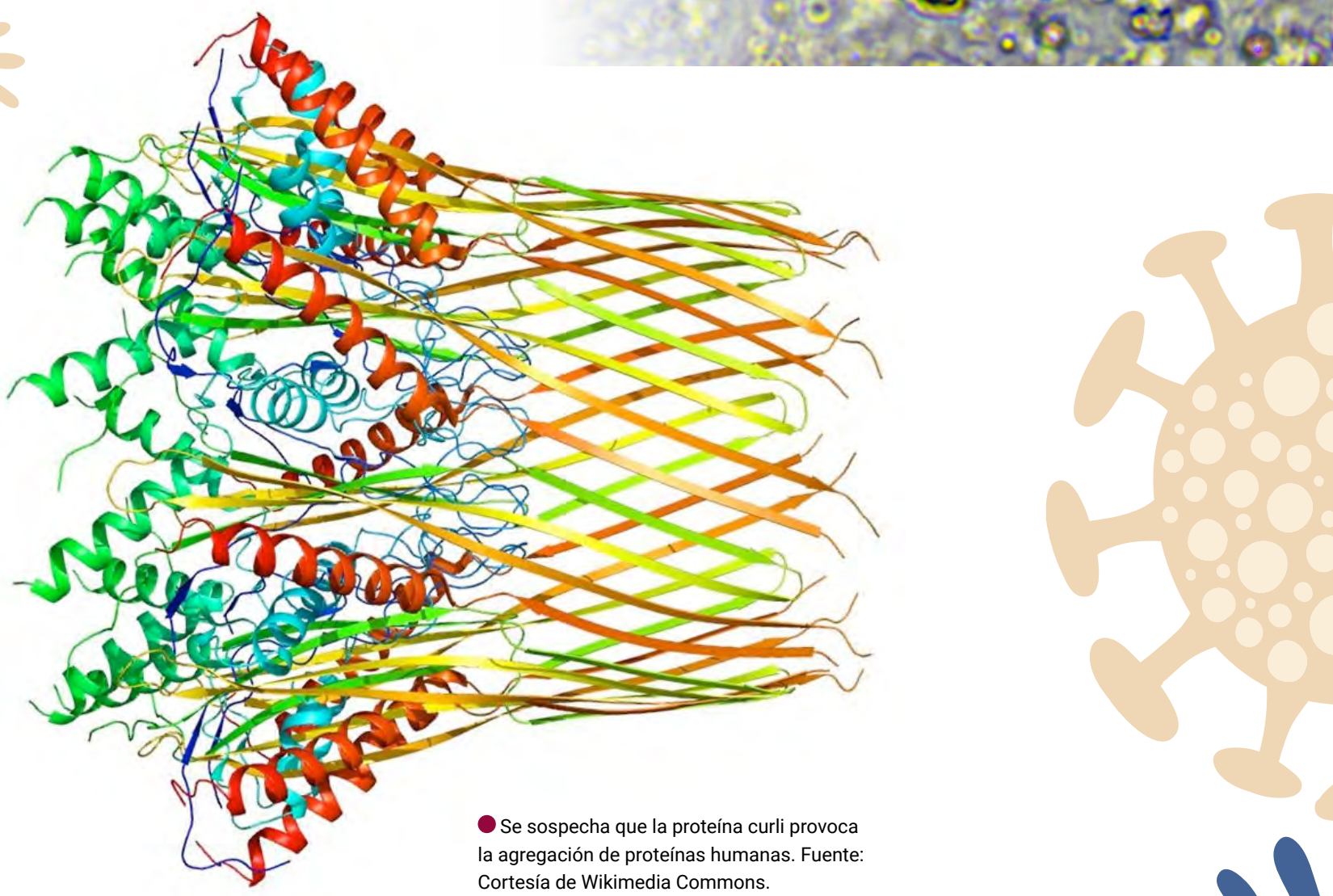
Nervio vago

El nervio vago conecta los intestinos con el cerebro. “El intestino tiene su propio sistema nervioso, al que a veces se hace referencia como el segundo cerebro, y tiene más nervios que toda la médula espinal”, dice John Cryan, farmacólogo de la University College Cork en Irlanda. Se plantea la hipótesis de que la alfa-sinucleína podría plegarse mal en el intestino o cerca de él y luego transmitirse a través del sistema nervioso al cerebro, de forma similar a las enfermedades priónicas de Creutzfeldt-Jacob y Alzheimer.

Curiosamente, en un estudio danés, aquellos a los que se les cortó quirúrgicamente el nervio vago tenían un menor riesgo de padecer Parkinson, tal vez porque esto sirve como ruta de tránsito para las proteínas mal plegadas que van del intestino al cerebro.



El nervio vago podría ser la forma en que las proteínas mal plegadas viajan desde el intestino al cerebro



Se sospecha que la proteína curli provoca la agregación de proteínas humanas. Fuente: Cortesía de Wikimedia Commons.

Los pacientes de Parkinson muestran alteraciones en su colección intestinal, siendo más probable la presencia de infección gástrica por *Helicobacter pylori*, una disminución de *Faecalibacterium* y más *Lactobacillus*. La filtración del intestino también podría influir. Una comunidad sana de microbios intestinales es diversa, suprime la inflamación y es menos probable que produzca mal plegamiento de la alfa-sinucleína, pero esto cambia con la edad. "A medida que envejecemos, el intestino se vuelve más permeable, las moléculas inflamatorias se filtran en el cuerpo para desencadenar la inflamación, y la alfa-sinucleína mal plegada en el intestino sube por el nervio vago hasta el cerebro.

Cómo comienza el plegamiento incorrecto es algo que ha intrigado al biólogo Paul Wilmes de la Universidad de Luxemburgo. Su investigación se ha centrado en microbios que podrían alterar la alfa-sinucleína y otros que podrían ayudar a introducirla en las neuronas intestinales.

Su laboratorio notó un enriquecimiento de bacterias en pacientes de Parkinson que se alimentan de la mucosidad que recubre nuestro intestino, incluidas *Akkermansia muciniphila* y Bacteroides.

Cambiar a los ratones a una dieta baja en fibra fomentó estas mismas bacterias. "Esto, a su vez, condujo a la búsqueda de alimento en la capa mucosa y a su adelgazamiento, lo que hizo que esos ratones se volvieran más susceptibles a las toxinas microbianas que pueden desencadenar el plegamiento incorrecto de las proteínas", dice Wilmes. Sin embargo, los roedores que disfrutaban de alimentos ricos en fibra tenían comunidades más saludables de microbios consumidores de fibra que superaron a los herbívoros, mejorando la barrera de la pared intestinal y, además, produjeron más AGCC.

Wilmes y sus colegas luego se centraron en curli, una proteína producida por especies de *E. coli* y *Salmonella*. Esta proteína pegajosa ayuda a estas enterobacterias a formar biopelículas, pero se sospecha que también agrupa proteínas humanas. Un grupo estadounidense informó en 2016 que las ratas expuestas a bacterias productoras de curli tenían más grupos de alfa-sinucleína mal plegada en las neuronas intestinales y cerebrales. Wilmes descubrió que una dieta baja en fibra en presencia de curli exacerbaba la enfermedad en un modelo de ratón de la enfermedad de Parkinson.

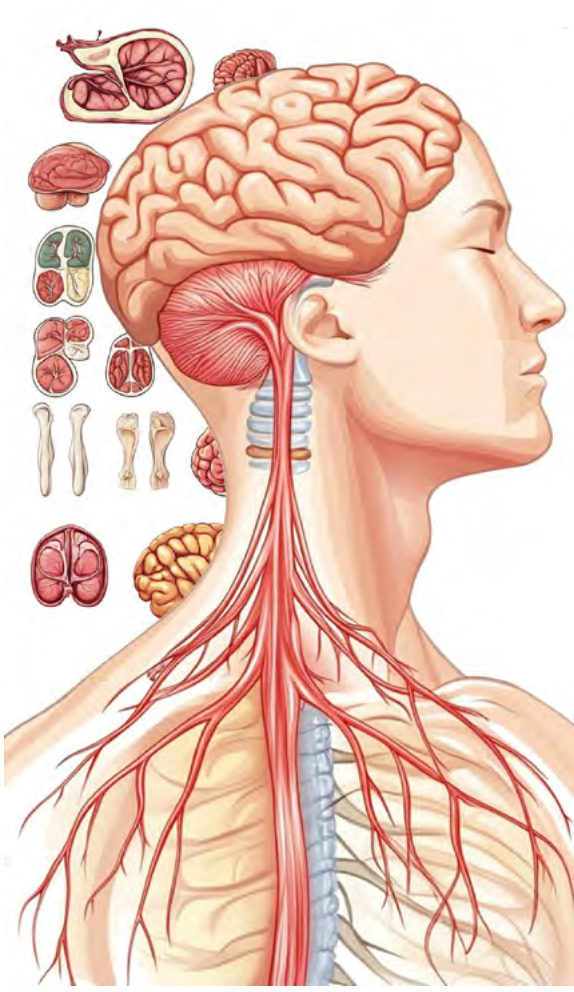
"Moléculas como curli, en combinación con la pérdida de la función de barrera, podrían desencadenar enfermedades", afirma Wilmes. Ahora está trabajando con pacientes de Parkinson que primero se someten a una limpieza de colon y luego purgan aún más su microbioma restringiendo severamente la ingesta de calorías. El siguiente paso será someterlos a una dieta mediterránea, rica en fibras y aceites que alimentan a los microbios beneficiosos, en particular los que producen SCFA. Esto podría restaurar la protección de la mucosa intestinal y reducir la inflamación.

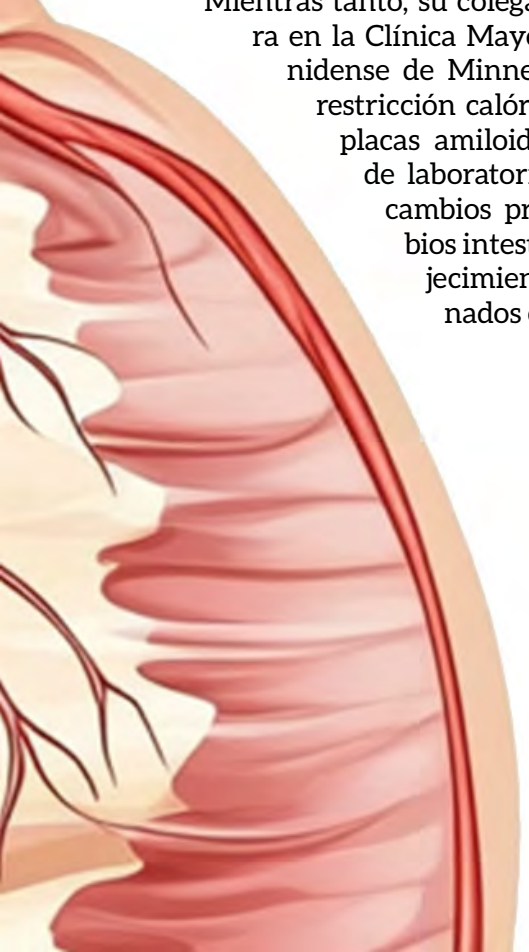
Más de una docena de estudios muestran que el microbioma de los pacientes de Parkinson es distinto. «Podemos saber con una precisión del 80 al 90 % si tienes Parkinson basándonos en tus heces», afirma Finlay. Desafortunadamente, sospecha que una vez que la proteína mal plegada está extinguiendo las células cerebrales, ya es demasiado tarde para detenerla. Una pregunta ahora es si es posible detectar un microbioma no saludable que pone a alguien en riesgo de padecer Parkinson o Alzheimer años antes de que aparezcan los síntomas, lo que provoca una intervención que detenga el progreso de la enfermedad.

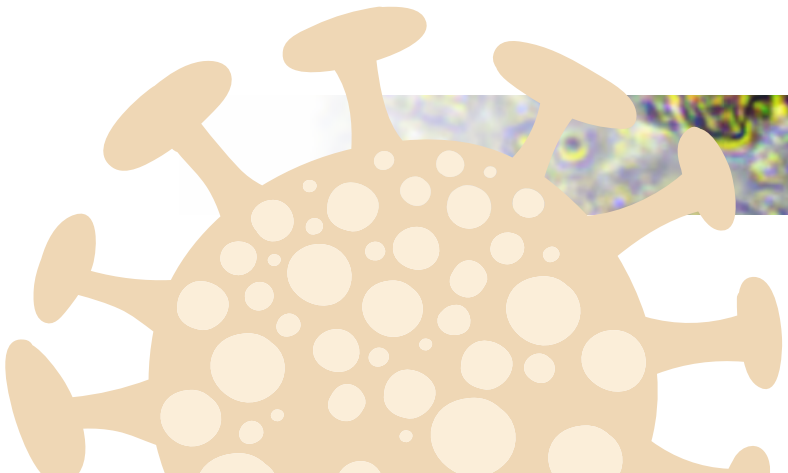
Alzheimer y enfermedades intestinales

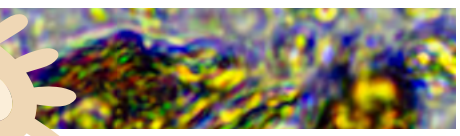
El Alzheimer se caracteriza por placas amiloides y ovillos de tau, que desencadenan la muerte celular y la contracción del cerebro. Los microbios también están en el punto de mira. En un estudio reciente, el deterioro de la memoria en personas con Alzheimer se transfirió a animales mediante trasplantes fecales. Las ratas jóvenes sufrieron síntomas cognitivos e inflamación sistémica e intestinal. Hubo una caída en algunas bacterias (Firmicutes) y un aumento en otras (Bacteroidetes), coincidiendo con lo observado en grupos de pacientes. Según los científicos del estudio, confirmó un papel causal de la microbiota intestinal en la enfermedad de Alzheimer.

Laura Cox, microbióloga de la Facultad de Medicina de Harvard en Massachusetts, EE. UU., quedó enganchada por un descubrimiento temprano en su carrera que conecta el microbioma, el metabolismo y el Alzheimer. Mientras tanto, su colega Marissa Schafer, ahora en la Clínica Mayo en el estado estadounidense de Minnesota, descubrió que la restricción calórica podría prevenir las placas amiloides en ratones hembra de laboratorio. Juntos encontraron cambios profundos en los microbios intestinales durante el envejecimiento en ratones, relacionados con las placas.









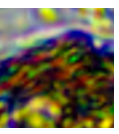
Cuando damos Bacteroides a ratones vemos un aumento de placas en su cerebro

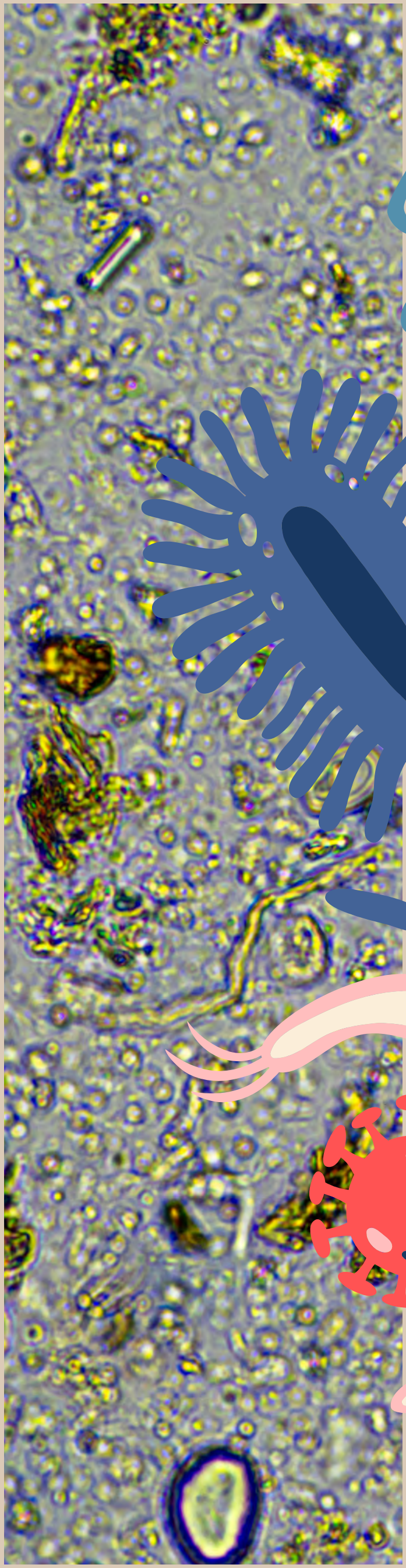
Se sabe que el microbioma se vuelve un poco menos estable después de los 60 años, lo que a veces permite que predominen unos pocos microbios. Un estudio estadounidense de 2021 demostró que las personas mayores de 85 años que tenían niveles relativamente altos de Bacteroides y una singularidad del microbioma intestinal baja tenían más probabilidades de morir en un plazo de cuatro años.

Cox informó que el *Bacteroides fragilis* en el intestino de ratones se asociaba con un aumento de placas en el cerebro. “Múltiples estudios han encontrado que Bacteroides está elevado en la enfermedad de Alzheimer”, dice Cox. “Cuando damos Bacteroides a ratones, vemos un aumento de placas en su cerebro”. Ella cree que podría estar secretando algo al torrente sanguíneo o alterando el sistema inmunológico.

Una hipótesis inicial era que la inflamación intestinal era la culpable, pero su investigación posterior esbozó un panorama más complejo. «Descubrimos que una alteración lenta y prolongada de la microbiota intestinal provocaba senescencia inmunitaria en el cerebro, no inflamación», afirma Cox.

En esencia, un intestino proinflamatorio era similar a una alarma constante, y el sistema inmunológico se ajustaba reduciendo su respuesta y presionando un botón de repetición. Las células especializadas de microglía que deambulan por el cerebro normalmente mastican placas y reparan tejido, pero comienzan a aflojarse. “Creemos que podría haber una acumulación lenta de placas a lo largo de 20 años, lo que daría mucha más beta amiloide en el cerebro”, dice Cox.





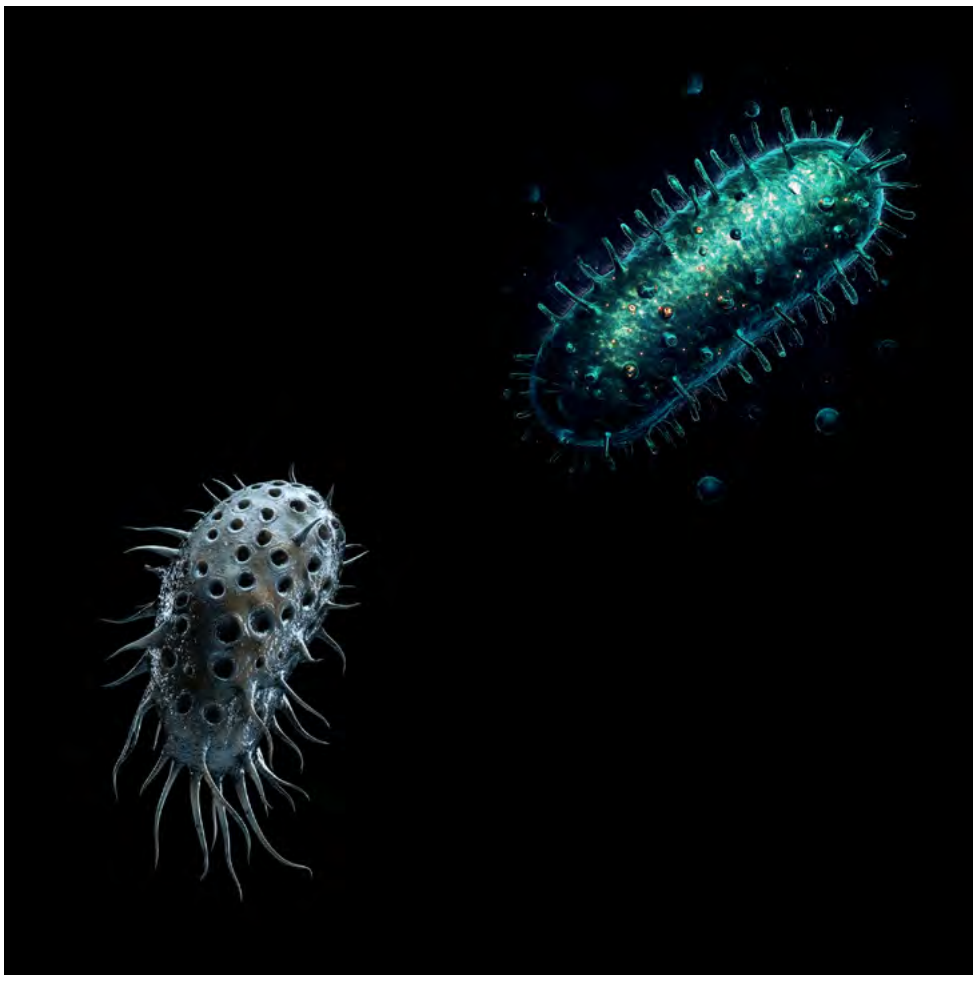
Sin embargo, la variabilidad de Bacteroides significa que su vínculo con el Alzheimer no es un fracaso. En el síndrome del intestino irritable, solo las cepas de *Bacteroides vulgatus* que producen una proteasa específica causaron síntomas; mientras que las cepas que carecen de proteasa no contribuyen a la enfermedad. De manera similar, puede haber Bacteroides buenos y malos en las enfermedades cerebrales. "Ahora estamos buscando una cepa única de Bacteroides en nuestra investigación sobre el Alzheimer", dice Cox.

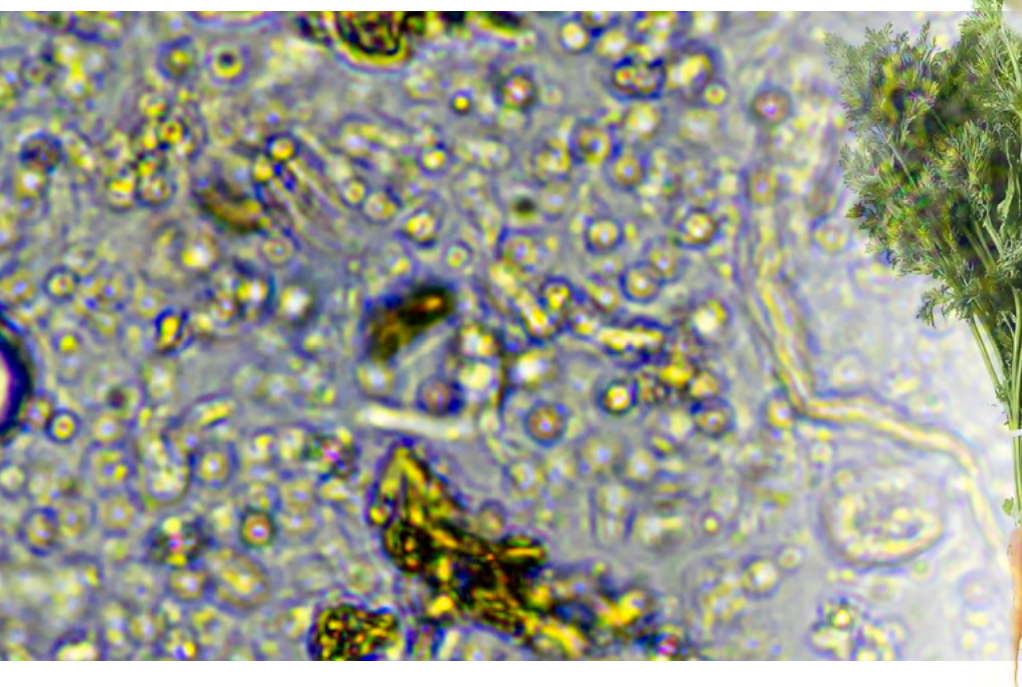
Esto toca un punto crucial. Si bien los investigadores pueden reconocer un microbioma no saludable, uno saludable es más difícil de definir y mucho más variable. Y tener un nombre de especie como *Bacteroides fragilis* no indica qué compuestos se producen. "En lugar de observar qué microbios tienes, debes observar las vías metabólicas que codifican. Es posible que necesites 10.000 genes expresados en el intestino, y no importa qué microbios lo hagan», afirma Finlay.

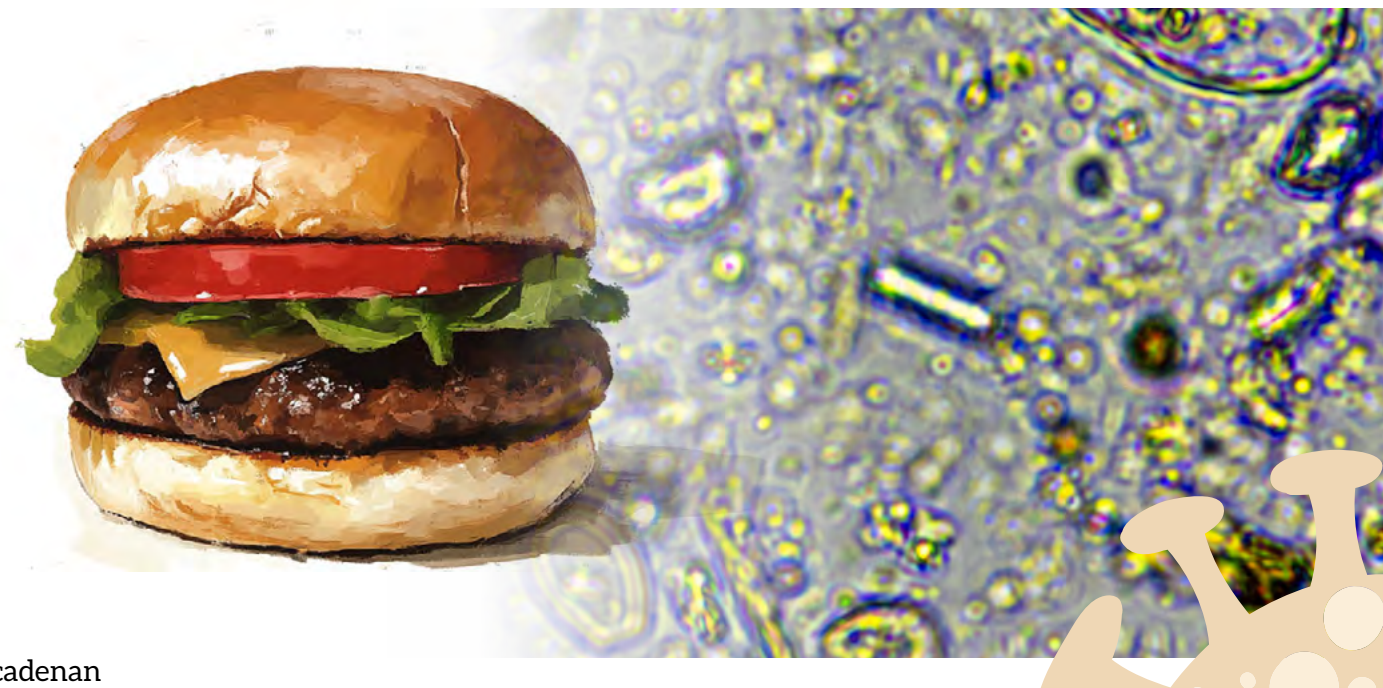
Esto significa que hay mucha redundancia y una comunidad compleja es más sólida. Además, una cepa de un microbio común podría ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo del contexto y de los genes expresados. «Un problema en este campo es que está dominado por microbiólogos que quieren poner nombres microbianos a todo, pero deberíamos examinar su función», afirma Finlay. También hay buenas noticias potenciales. Si hay una *B. fragilis* mala, podría haber una *B. fragilis* buena para reemplazar a su doble malvado mediante una infusión terapéutica.

Hay ocasiones en las que una infección aguda y altos niveles de inflamación podrían contribuir al Alzheimer

Mientras tanto, Cox busca una pequeña molécula que pueda despertar el sistema inmunológico, activando la eliminación de placas. Potencialmente, esto podría estar mediado a través del intestino, donde la mayoría de las células inmunes se educan en el mundo microbiano. Weiner, sin embargo, ha seguido un camino diferente. Lanzó una vacuna compuesta de partes bacterianas, Protollin, para inyectarla en la nariz de las personas y estimular el sistema inmunológico para activar la microglía. Hace más de una década, se informó que eliminaba el amiloide cerebral en modelos de ratón. Ahora está en ensayos en humanos.







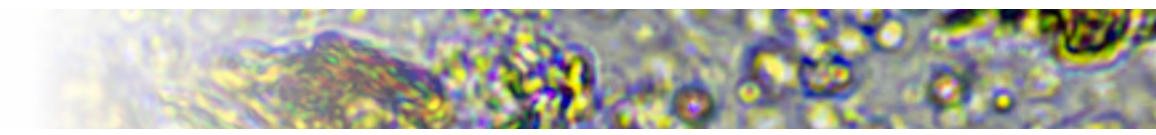
Otros dicen que los agentes infecciosos desencadenan el Alzheimer de forma más directa. «El beta-amiloide es un péptido antimicrobiano que se produce en el cerebro para proteger contra los microbios», afirma Rudy Tanzi, neurocientífico de la Facultad de Medicina de Harvard. Él cree que en algunas personas, una infección enciende una cerilla y se desata un incendio forestal de inflamación que conduce a una acumulación excesiva de placas y ovillos que de otro modo serían protectores.

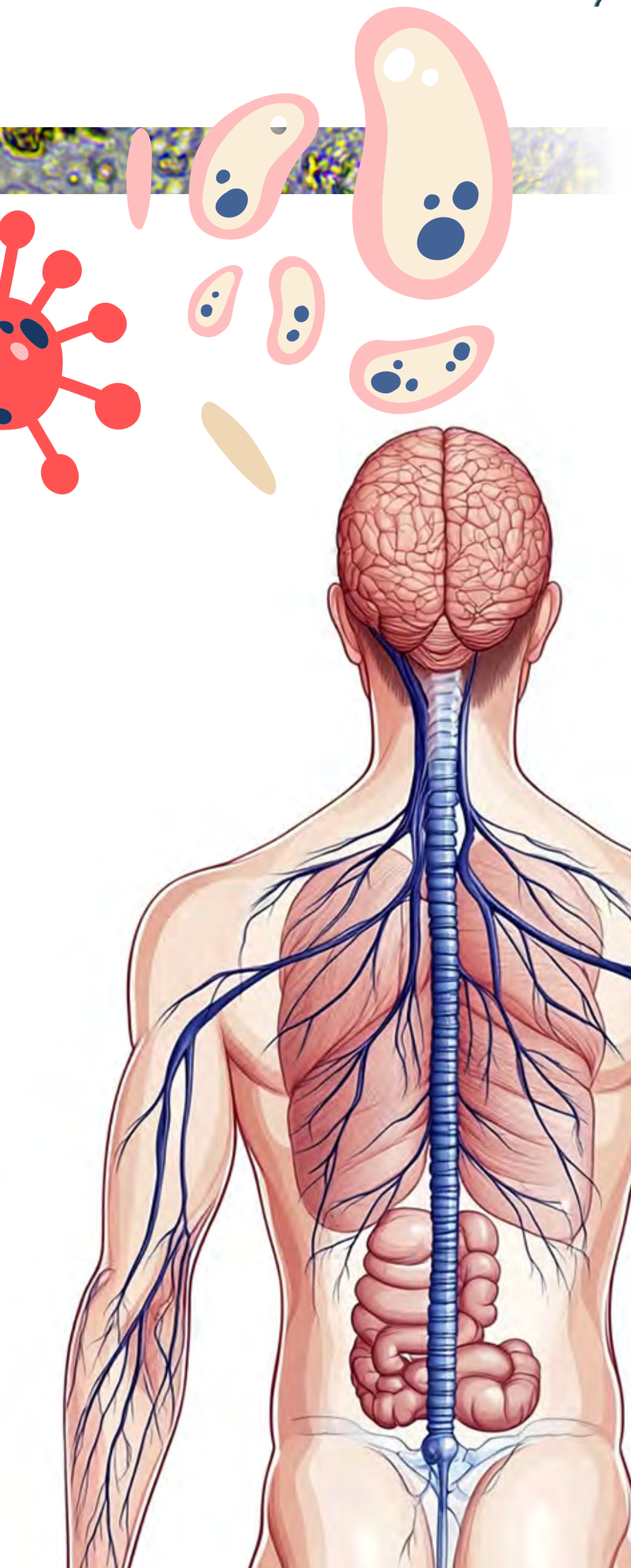
Se ha implicado a varios agentes infecciosos en el Alzheimer, incluidos el virus del herpes, el virus de Epstein-Barr, el *Helicobacteri pylori* y la levadura *Candida albicans*. Tanzi está examinando tejido *post mortem* de pacientes con Alzheimer para investigar dichos vínculos. Aunque Cox sostiene que un sistema inmunológico agotado tiene un papel en la enfermedad, está de acuerdo en que "hay ocasiones en las que una infección aguda y altos niveles de inflamación podrían contribuir al Alzheimer".

Compuestos microbianos en el cerebro

Los billones de bacterias en nuestro intestino pueden orquestar miles de reacciones químicas más que las células humanas. Las moléculas destacadas incluyen los ácidos biliares, que son metabolitos del colesterol producidos en el hígado que solubilizan las grasas de la dieta y ayudan con la absorción o secreción a través del intestino. "Los microbios los conjugan con diversas moléculas, incluidos neurotransmisores, y producen ácidos biliares secundarios", dice Sarkis Mazmanian, microbiólogo de Caltech en Estados Unidos. Las bacterias también los modifican mediante hidrólisis, oxidación, desulfatación y esterificación, señaló una revisión reciente.

Dorrestein dice que ahora se conocen alrededor de 20.000 tipos, frente a menos de mil hace un año. Además, aunque la barrera hematoencefálica a menudo se conceptualiza como una pared impermeable, existen portales para compuestos microbianos. "En el cerebro hay receptores y transportadores de ácidos biliares", afirma Dorrestein. Un estudio reciente examinó más de 2000 cerebros *post mortem* y encontró alteraciones en el metabolismo del colesterol y la síntesis de ácidos biliares en el tejido cerebral y indicios de ácidos biliares provenientes de microbios intestinales. "Los perfiles de ácidos biliares son diferentes en los [pacientes] de Parkinson o Alzheimer en comparación con los controles comparables", dice Mazmanian, otro vistazo tentador de su contribución. Dorrestein añade: "Probablemente controlan muchas funciones cerebrales, a veces mediadas por procesos inflamatorios".





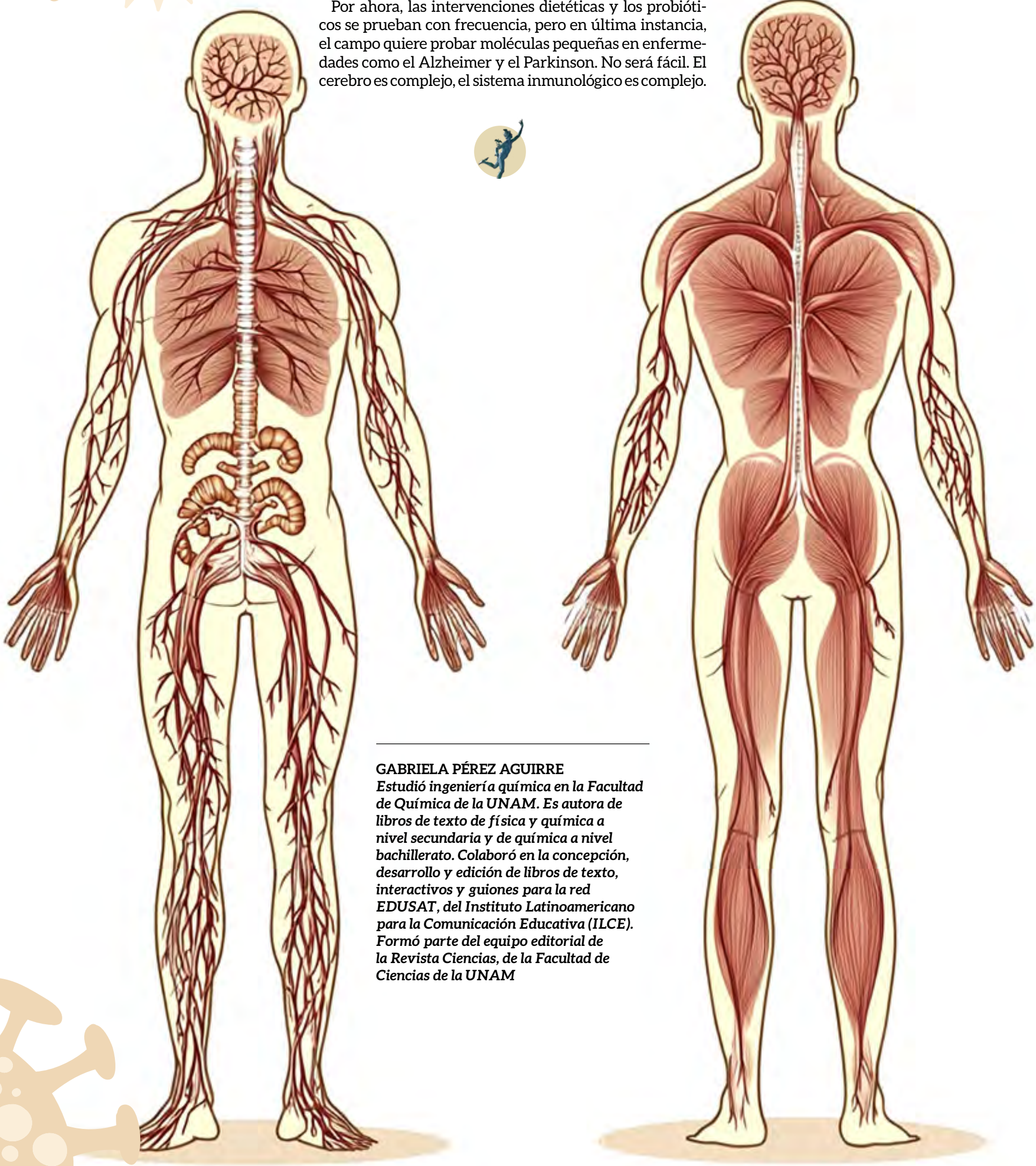
El cerebro es complejo, el sistema inmunológico es complejo y ahora le sumamos el microbioma

Las moléculas pequeñas sulfatadas son derivados de aminoácidos como la tirosina y el triptófano y parecen estar producidas únicamente por microbios. Algunos obtienen acceso y se acoplan a receptores en las células cerebrales. Se han informado niveles alterados de metabolitos fenólicos en el autismo, incluido el sulfato de 4-etilfenilo. Este compuesto se relacionó con la ansiedad y el comportamiento similar al autismo en ratones de laboratorio en 2013. “Estamos hablando de una molécula que no fabricamos nosotros, que proviene de microbios, pero que ingresa al cerebro y afecta la actividad de las células cerebrales y el comportamiento. ‘, dice Mazmanian.

Esto fue la base de un ensayo reciente en Nueva Zelanda y Australia. Mazmanian y sus colegas dieron a 30 adolescentes con autismo un adsorbente de carbono esférico para capturar compuestos fenólicos producidos por bacterias intestinales, y en 2022 informaron mejoras en la ansiedad y la salud gastrointestinal después de ocho semanas.

"Los microbios intestinales son como una fábrica que produce sustancias químicas extrañas y maravillosas", dice Cryan. "La calidad de los trabajadores, es decir, las bacterias, y la calidad de los materiales, es decir, la dieta." Como parte del Consorcio del Proyecto Microbioma Intestinal de Alzheimer, Dorrestein y sus colegas demostraron recientemente que una dieta mediterránea modificada rica en grasas durante seis semanas puede ser beneficiosa. adultos con problemas leves de memoria. En una preimpresión, el consorcio informa que esta dieta corrigió algunas alteraciones metabólicas relacionadas con el Alzheimer y redujo la inflamación sistémica.

Por ahora, las intervenciones dietéticas y los probióticos se prueban con frecuencia, pero en última instancia, el campo quiere probar moléculas pequeñas en enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson. No será fácil. El cerebro es complejo, el sistema inmunológico es complejo.



GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
Estudió ingeniería química en la Facultad de Química de la UNAM. Es autora de libros de texto de física y química a nivel secundaria y de química a nivel bachillerato. Colaboró en la concepción, desarrollo y edición de libros de texto, interactivos y guiones para la red EDUSAT, del Instituto Latinoamericano para la Comunicación Educativa (ILCE). Formó parte del equipo editorial de la Revista Ciencias, de la Facultad de Ciencias de la UNAM

El cerebro de Einstein

Mario de la Piedra Walter

Todo hombre debe ser capaz de todas las ideas.
Jorge Luis Borges

En la madrugada del 18 de abril de 1955, Albert Einstein se despertó con un intenso dolor de estómago y la intuición de que el final había llegado. Siete años atrás, el aclamado cirujano Rudolph Nissen envolvió con celofán un aneurisma en su aorta abdominal para evitar que se continuara dilatando. Sin una intervención más arriesgada, sería cuestión de tiempo para que el aneurisma se rompiera.

Con el reloj en cuenta regresiva, se le propuso una nueva cirugía para reparar la aorta. El genio alemán respondió: *es de mal gusto prolongar la vida artificialmente. Ya he hecho mi parte. Es hora de partir. Lo haré con elegancia.* A la una de la mañana con veintidós minutos fue declarado muerto, a la edad de 76 años, por una ruptura de un aneurisma en el Hospital de la Universidad de Princeton.

Ese mismo día, contrario a las costumbres judías, (casi todos) sus restos fueron cremados y sus cenizas esparcidas en las aguas del Río Delaware. Mientras su hijo, Hans Einstein, se despedía de él a la orilla de un río, su cerebro flotaba en un frasco de cristal.

Al tiempo de su muerte, Einstein era el científico más celebre del mundo. Sus teorías habían cimentado la física moderna y su personalidad mediática lo habían elevado al estrellato. Cuando el patólogo americano, el doctor Thomas S. Harvey, condujo la autopsia de Einstein, estaba frente a la mente más brillante del siglo XX.

Con el consentimiento del director del hospital, mas no de la familia y en contra de su última voluntad, Harvey abrió el cráneo de Einstein y removió el cerebro que pesó 1224 gramos. Tomó fotografías en blanco y negro y lo colocó en una solución de formol para preservarlo mejor. Disecó el cerebro en 240 bloques y los fijó en parafina para poder estudiarlos histológicamente. Con la ayuda de la técnica del laboratorio, Marta Keller, utilizó un microtomo para hacer laminillas que posteriormente envió a diversos centros de estudio en los Estados Unidos y otras partes del mundo.

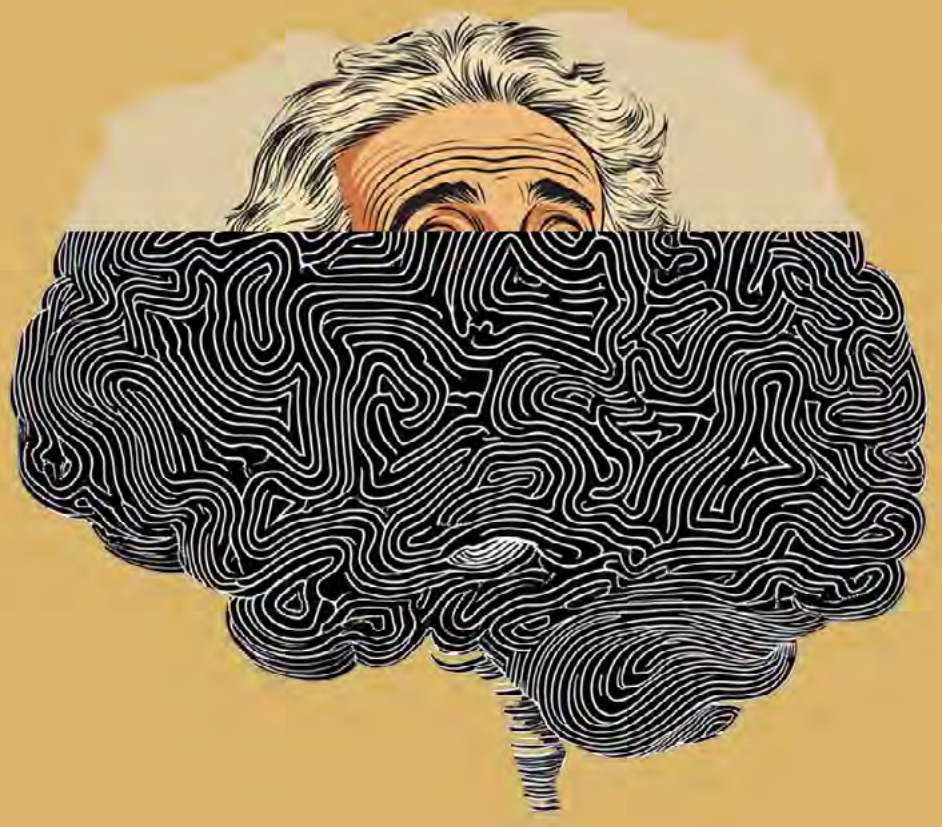
Mientras tanto, un litigio entre el Hospital de Princeton y otras instituciones por valerse del cerebro de Einstein estaba en proceso. Harvey se negó a entregarle el cerebro al director del hospital y se lo llevó a su casa en un recipiente "Tupperware". La vida de Harvey siguió una dirección opuesta a la de Einstein. Fue despedido por el Hospital de Princeton y trabajó de incógnito en diversos Estados sin mucho éxito.

Deambuló entre profesiones, desde ayudante de laboratorio hasta médico de una prisión federal, hasta terminar en Kansas trabajando como obrero en una fábrica de plásticos. El médico graduado de Yale, que estaba seguro desentrañaría el misterio de la genialidad de Einstein, perdió su licencia médica, su trabajo y su matrimonio en menos de dos décadas. En 1978, un periodista logró localizarlo, pero al poco tiempo desapareció de nuevo.

A los 84 años, fue encontrado en un pueblo de New Jersey por el periodista Michael Paterniti. Dentro de dos frascos de cristal, el cerebro descuartizado de Einstein flotaba en la casa de Harvey. El periodista contactó a Evelyn Einstein, la nieta del gran científico, que vivía en California y convenció a Harvey de llevarle el cerebro de su padre.

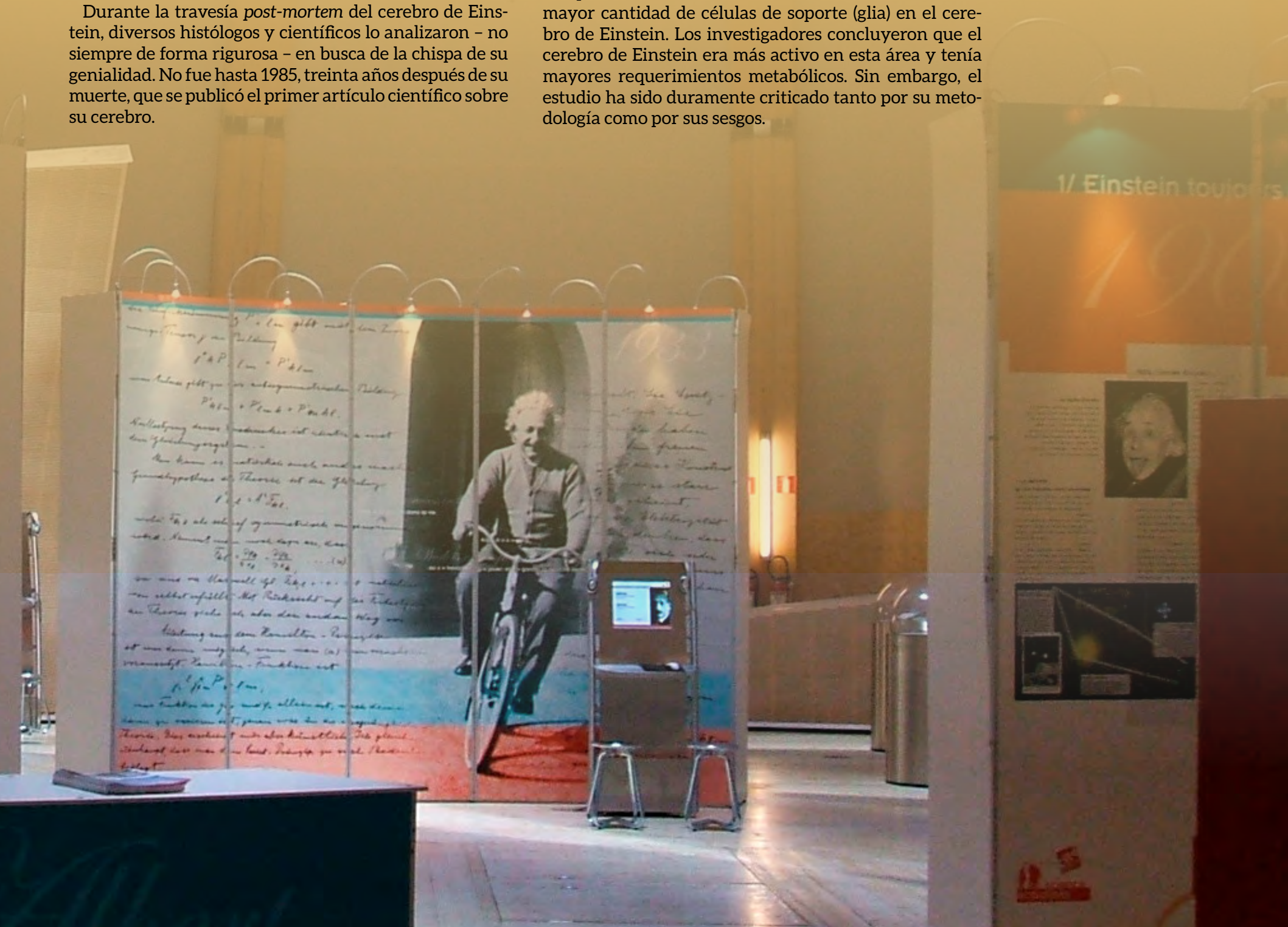
En diez días recorrieron más de cuatro mil kilómetros de carretera con el cerebro de Einstein en la cajuela del auto. La nieta pidió entregarlo a una institución, por lo que pasó un tiempo en la Universidad de California, donde fue estudiado a detalle. Los 170 pedazos restantes del cerebro de Einstein fueron devueltos a Princeton en 1998. Sus ojos, que Harvey obsequió a su oftalmólogo, el doctor Henry Abrams, se encuentran en una bóveda del Banco de Nueva York.

Durante la travesía *post-mortem* del cerebro de Einstein, diversos histólogos y científicos lo analizaron – no siempre de forma rigurosa – en busca de la chispa de su genialidad. No fue hasta 1985, treinta años después de su muerte, que se publicó el primer artículo científico sobre su cerebro.



Se seleccionaron dos áreas del cerebro para el estudio: la corteza prefrontal (relacionada con procesos cognitivos complejos como la atención y la toma de decisiones) y el área parietal (relacionada con la integración visual, auditiva y somato-sensitiva) y se tomaron muestras de ambos hemisferios.

Solo el área parietal izquierda mostraba diferencias en comparación con la de once controles, encontrando una mayor cantidad de células de soporte (glia) en el cerebro de Einstein. Los investigadores concluyeron que el cerebro de Einstein era más activo en esta área y tenía mayores requerimientos metabólicos. Sin embargo, el estudio ha sido duramente criticado tanto por su metodología como por sus sesgos.



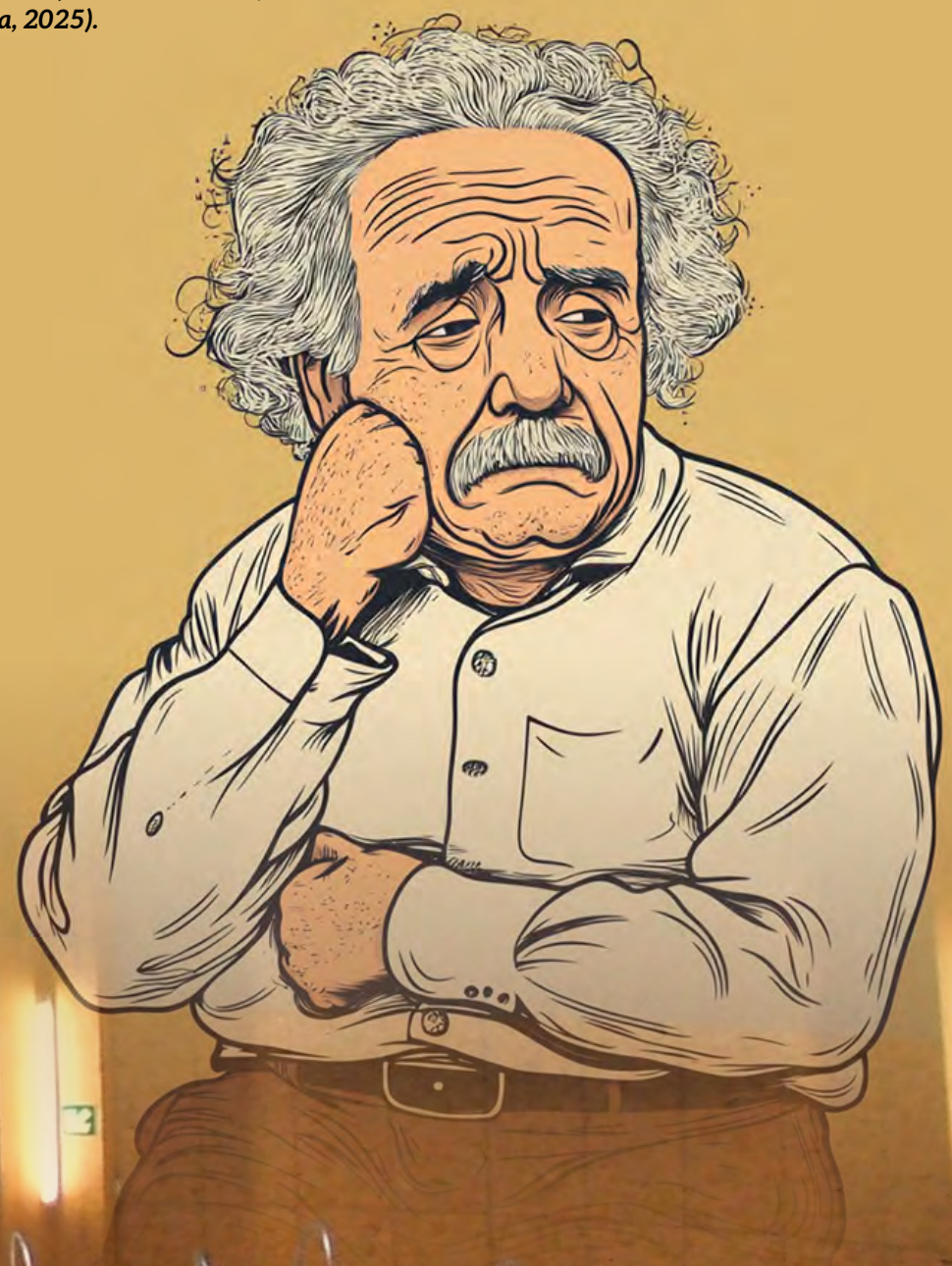
Un estudio posterior, en 1996, dictaminó que la corteza cerebral de Einstein era más delgada de lo habitual, lo que aumentaba su densidad neuronal (aunque tenía el mismo número y tamaño de neuronas) y, según los investigadores, la velocidad de comunicación entre las células. Un estudio macroscópico de su cerebro, utilizando las fotografías tomadas por Harvey, detectaron lóbulos parietales por encima del promedio, así como una variación anatómica del surco que los delimita (fisura de Silvio).

Especularon que esos cambios en sus lóbulos parietales podían relacionarse a sus excepcionales habilidades visuoespaciales, ya que cambios similares se han encontrado en otros grandes matemáticos. Un estudio del 2009 encontró, además, un giro postcentral derecho por encima del promedio. Esta área del cerebro, que se relaciona con el procesamiento musical, es de mayor tamaño en músicos profesionales (Einstein era un violinista prodigioso). Otro grupo encontró que el cuerpo calloso, la estructura que conecta ambos hemisferios, era más grueso en el cerebro de Einstein, lo que permitiría integrar la información de ambos lados de una forma más eficiente.

Todos estos estudios son especulativos y arrojan poca luz sobre la génesis del genio de Einstein. Más bien sugieren que no existe una cualidad única en su cerebro que lo distinga del resto de nosotros. Su pensamiento revolucionario carece de un don divino de la biología. En palabras de otro genio, Jorge Luis Borges, *pensar, analizar, inventar no son actos anómalos, son la normal respiración de la inteligencia.*

Por otro lado, la historia de Harvey nos recuerda esa obsesión por buscar lo sobrenatural en el genio humano. Quiso ser Prometeo y entregarle a la humanidad el fuego de los dioses, sin entender que podíamos cultivar el nuestro. Su manía – y la de otros – por descifrar el secreto de la genialidad lo condenó al ostracismo y desmembró al físico más reconocido del siglo pasado. Mientras escribo estas líneas, uno de los cerebros más grandiosos de la historia flota en pedazos dentro de un frasco de cristal, en el sótano de una universidad.

***MARIO DE LA PIEDRA WALTER**
Médico por la Universidad La Salle y neurocientífico por la Universidad de Bremen. En la actualidad cursa su residencia de neurología en Berlín, Alemania. Autor del libro Mentes geniales: cómo funciona el cerebro de los artistas ***(Editorial Debate, Barcelona, 2025).***



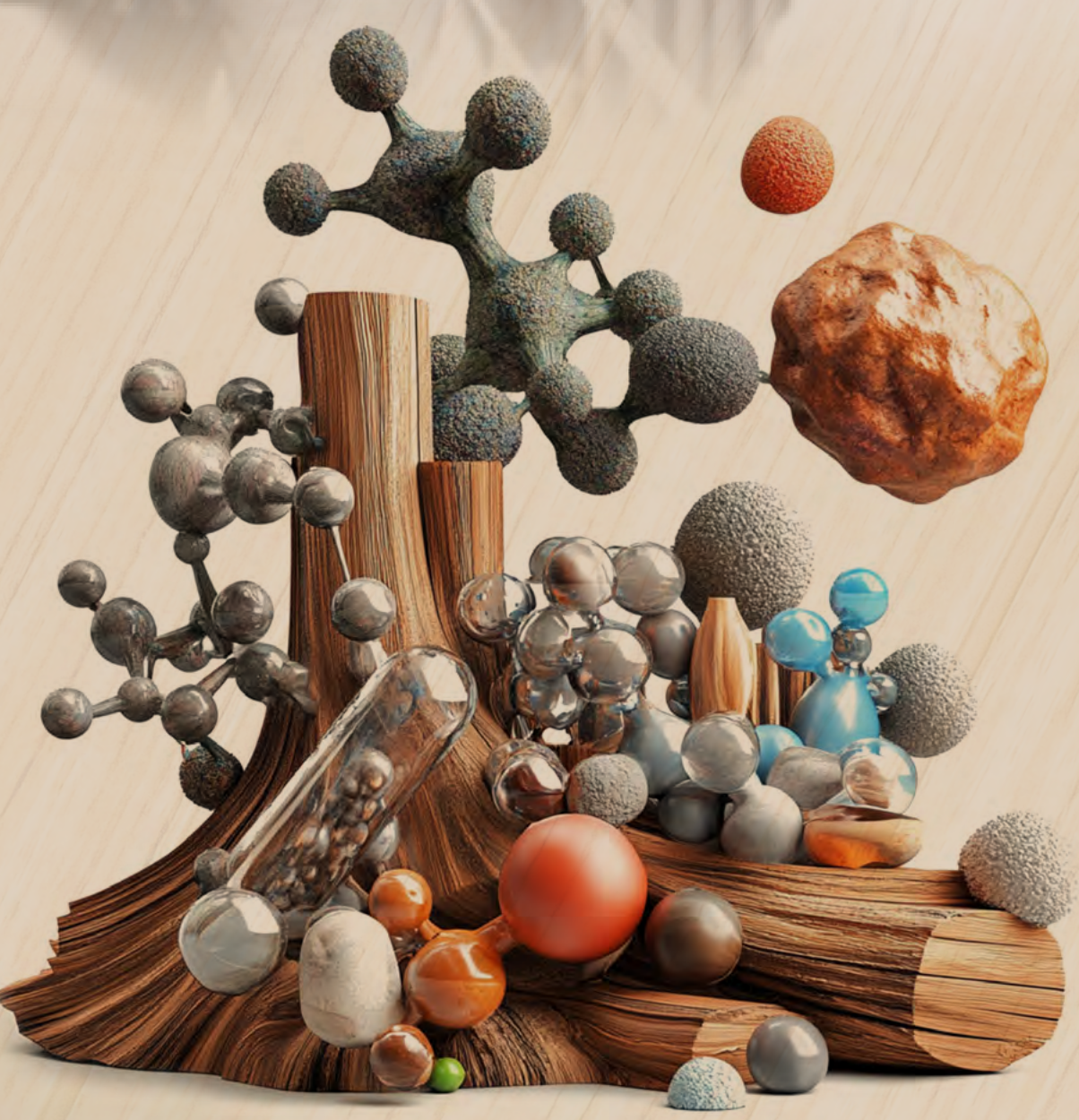
BIBLIOGRAFÍA:

- J. Cervantes Castro. “La misteriosa desaparición y la larga jornada del Cerebro de Albert Einstein”. *Ciruj. Gen.* 2012; 3(4): 274-279.
- F. Manzini, Y. Milillo. “El cerebro post-mortem de Albert Einstein: posibles correlaciones entre estructura cerebralidad y genialidad humana. Un estudio de caso bibliográfico”. *VII Congreso Internacional de Investigación y Prácica Profesional en Psicología*. 2015.
- P. Carillo Mora, K. Magaña-Vázquez, et al. “What did Einstein have that I don´t? Studies on Albert Einstein´s brain”. *Neurosciences and History* 2015; 3(3): 125-129.

Artífices de la ciencia contemporánea

SEVERO OCHOA

Si la vida te da cabras, haz queso Cabrales



Carlos Chimal

Cuando conocí a Severo Ochoa comencé a apreciar el complejo rompecabezas cortado por una mano maliciosa que llamamos naturaleza. Leyenda entre quienes se han aventurado a meter la cabeza en ese resquicio del conocimiento donde se fusionan la biología y la química, Severo Ochoa fue un personaje excepcional.

Lo conocí en Ciudad de México, a propósito de un coloquio sobre las perspectivas de la bioquímica en nuestros días. Tiempo después lo encontré de nuevo en Manhattan. Yo me hospedaba en el emblemático *Leo House* del barrio de Chelsea, ubicado en la avenida vigésimotercera, y él tuvo la gentileza de hacer una pausa en su camino al Centro Roche, localizado en Nueva Jersey, donde colaboró algún tiempo.

Durante años don Severo trabajó en la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York, sitio en el que llevó a cabo, junto con un selecto equipo de colaboradores, parte de la investigación por la que mereció el Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 1959. Pero no todo fue miel sobre hojuelas, en una época en que si bien se habían consolidado cruciales avances en la biología molecular, la genética y la bioquímica, no se contaba aún con herramientas tan refinadas, de tal manera que la labor tediosa a fin de obtener datos experimentales confiables se hacía casi a mano.

El profesor Ochoa me aseguró que no puede pasar por alto la intervención de la suerte, el golpe aleatorio que va por ahí zumbando.

"Si uno es lo suficientemente sagaz, lo atrapará al vuelo", dijo. Luego me contó lo sucedido esa extraña noche, fría y lluviosa en la Gran Manzana.

"De pronto, el espectrofotómetro comenzó a moverse en la dirección esperada. Dudé. Enseguida me di cuenta de que la realidad puede convertirse en un eco fiel si cada vez que formulas mal una pregunta, entiendes lo que sucede. Abandoné, eufórico, el pequeño cuarto donde se encontraba el aparato detector. ¿Me creería si le digo que salí gritando: ¡`Venid, venid a ver esto!´."

Luego movió la cabeza, riendo para sus adentros. Don Severo acababa de darse cuenta de la hora, propicia para los noctívagos, prohibida para los diurnos.

Me habló de Cajal, padre de las neurociencias, el otro español premiado por la Academia Sueca.

"Muy bien pude haber seguido su camino, poco explorado, el cual ya se vislumbraba fascinante".

Pero su olfato lo llevó a dedicarse a la bioquímica. Los procesos enzimáticos fueron el asunto que ocupó toda su atención. Don Severo me hizo notar que el trabajo de su equipo se apoyó en la manera como Watson y Crick le habían sacado jugo al análisis físico-químico de los procesos vitales.

"Aislé una enzima de la bacteria *Escherichia coli* y, a partir de ella, sinteticé su ARN y ARN. Eso significó un avance considerable en la posibilidad de descifrar el código genético de todas las especies vivas, lo cual se empezaría a lograr décadas más tarde".

En efecto, don Severo logró enterarse de los primeros logros al respecto, pues falleció hasta 1993.

"Me encontraba muy animado", exclamó mientras caminábamos rumbo al East Village, donde él solía tomar café, "estaba muy interesado en los mecanismos de replicación de los virus que poseen ARN como material genético, y decidí ponerme a estudiar las etapas fundamentales del proceso".

Recordó unos días muy gratos para él, cuando vivió en la Residencia de Estudiantes de Madrid. Conoció a Federico García Lorca, Salvador Dalí, Luis Buñuel; a Miguel de Unamuno y Gregorio Marañón. A propósito, hay un libro que vale la pena leer: *Cajal, Unamuno, Marañón. Tres españoles,* de Pedro Laín Entralgo. Se trata de una encendida semblanza de un trío hispano que bregó para entender y ayudar a la humanidad.

Le pregunté por qué dejó la madre patria.

"Me sentí expulsado, ¿sabe usted? La infraestructura de calidad era nula, únicamente existía en Estados Unidos".

No obstante, intentó quedarse en Europa, ingresó en algunas instituciones, pero no se encontró a gusto en ninguna de ellas. Finalmente halló su lugar en la Facultad de Medicina de la Universidad de Nueva York. Así, la pregunta no era por qué salió de España, sino qué lo orilló a adoptar la nacionalidad norteamericana.

"Porque la dictadura y yo no congeniamos desde el primer minuto", respondió, enfático.

Al mismo tiempo, defendió el uso del español en la jerga científica.

"No queremos sustituir el inglés, sino otorgarle un trato digno a la lengua que hablamos", afirmó.

Don Severo regresó a España en 1985 como director honorario del Centro de Biología Molecular que él promovió y lleva su nombre. Fue un viajero incansable, convencido de que la mejor manera de vivir a plenitud es mediante el intercambio de preguntas útiles, cara a cara, omitiendo las discusiones bizantinas.

"Sobre todo, debemos aprender a aprovechar las escasas oportunidades de hacer algo trascendental. O sea, que si solo tienes vacas, cabras, ovejas, pues haz queso Cabrales", dijo en tono de broma el hijo de Asturias.

Antes de verlo partir hacia Nueva Jersey recordé esa conocida anécdota entre la comunidad científica sobre aquellos que querían entrar en su laboratorio, espacio considerado por él un monasterio. Se les invitaba a leer una simple advertencia que colgaba junto al marco de la puerta, la cual rezaba así:

"Cuando llegue algún monje peregrino de lugares distantes con deseos de vivir en este monasterio, se le pedirá que se amolde a las costumbres lugareñas, sin pretender alterar con su prodigalidad la paz imperante, y que se dé por satisfecho con lo que aquí encuentre. Entonces podrá permanecer todo el tiempo que desee. Si, por otra parte, hallase algún defecto, y lo hiciera notar de forma prudente... ¡no sea que Dios haya enviado al peregrino justamente para tal objeto! Pero si se mostrara murmurador y contumaz, se le dirá francamente que debe partir. Si no lo hiciese, que dos monjes fornidos, en nombre del Creador, se lo expliquen de otra manera".

Severo Ochoa recibe el Premio Nobel de manos del rey Gustavo VI Adolfo de Suecia.

EN PORTADA:
ILUSTRACIÓN DE ANA C. LANDA.

Mercurio Volante
SUPLEMENTO DE hipócritalector

SUPLEMENTO MERCURIO VOLANTE

CARLOS CHIMAL
EDITOR

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ
ARTURO CAMPOS
JULIÁN D. BOHÓRQUEZ CARVAJAL
ULISES CORTÉS
ALBERTO CASTRO LEÑERO
ANDRÉS COTA HIRIART
FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH
CARMINA DE LA LUZ RAMÍREZ
MARIO DE LA PIEDRA WALTER
LORENZO DÍAZ CRUZ
CARLOS FRANZ
FRANCISCO GARCÍA OLMEDO
SIANYA ALANIS GONZÁLEZ PEÑA
JOSÉ GORDON
GERARDO HERRERA CORRAL
ROALD HOFFMANN
EUSEBIO JUARISTI
PIOTR KIELANOWSKI
JUAN LATAPÍ ORTEGA
ELÍAS MANJARREZ
ARTURO MENCHACA ROCHA
MAURICIO MONTIEL FIGUEIRAS
CARLOS NARANJO CASTAÑEDA
CELINA PEÑA GUZMÁN
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
OCTAVIO PLAISANT ZENDEJAS
ROSALÍA PONTEVEDRA
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ
MAESTRO RONCADOR
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
GUILLERMO TEJEDA MUÑOZ
JUAN TONDA MAZÓN
JUAN VILLORO
COLABORADORES

HIPÓCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA
DIRECTOR GENERAL
CLAUDIA CARRILLO MAYÉN
DIRECTORA EDITORIAL
OSCAR COTE PÉREZ
DISEÑO EDITORIAL
BEATRIZ GÓMEZ
DIRECTORA ADMINISTRATIVA

Hipócrita Lector, diario de lunes a viernes.
Correo: atencion.hipocritalector@gmail.com
Editora responsable: Claudia Carrillo Mayén
Permisos Indautor, Licitud y Contenido: En trámite
Todos los materiales son responsabilidad exclusiva de quien los firma.