

RUMOR DE LAS GALAXIAS

LA MIRADA DE FRIDA
TELETRANSPÓRTAME, SCOTTY
QUÍMICA ORGÁNICA INTERESTELAR
UN LENGUAJE ELÉCTRICO
DAMAS DEL TIEMPO
EL LABERINTO DE LA VERDAD
CEREBRO CRIMINAL
VIGILANTES NOCTURNOS



FRIDA,

LOS EXOPLANETAS Y LA VIDA

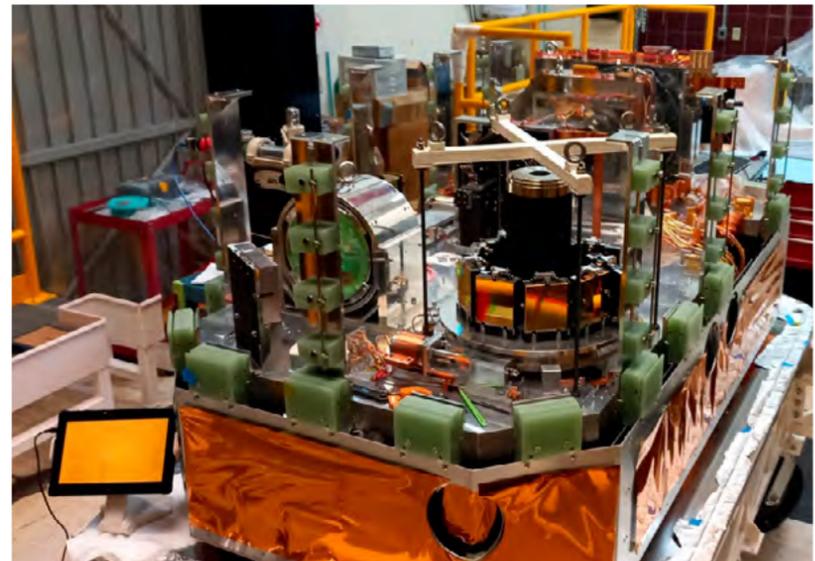
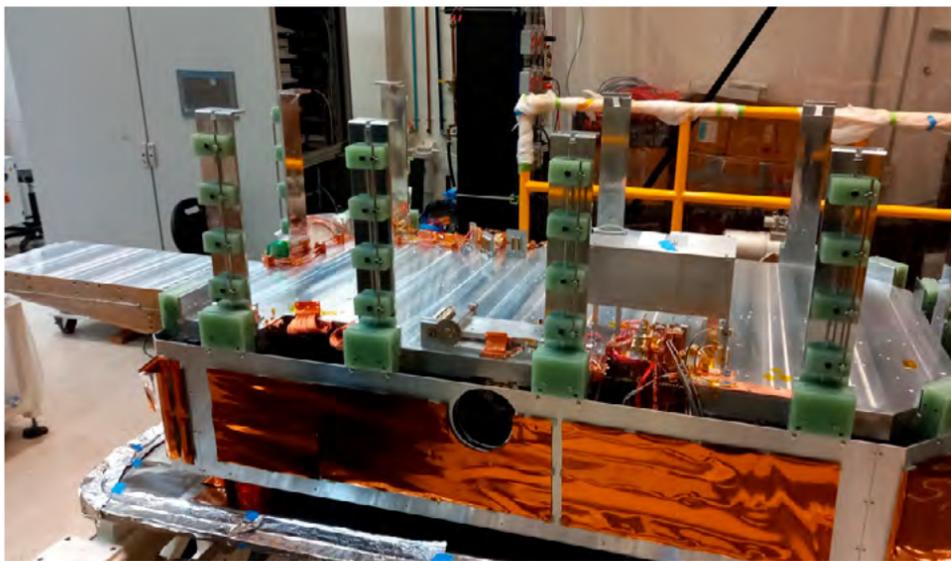
NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

La observación que integrantes del Club Astronómico Bernal hicimos de la nebulosa de Orión con ayuda del telescopio de 9.25 pulgadas que Miguel Ángel Gómez Chincoya tiene instalado en su jardín me zambulló en ese cunero de estrellas que más adelante formará planetas.

Ubicada en el centro de la “espada” de Orión, en la constelación del mismo nombre, esa nube de formación estelar podría contener algunos de los ladrillos esenciales de la vida en el Universo y, dentro de miles de años, originarla. Ese pensamiento siempre surge cuando la veo con telescopio o sin éste.

Por ello, la noticia reciente acerca del hallazgo de un exoplaneta, o planeta ubicado fuera de nuestro Sistema Solar, el cual presenta firmes indicios de contener vida definitivamente atrapó mi atención. Un equipo de la Universidad de Cambridge con ayuda del Telescopio Espacial James Webb, identificó huellas de que en la atmósfera del exoplaneta K2-18b existen moléculas que en la Tierra son producidas por organismos vivos. Aun así, los científicos han subrayado que realizarán más observaciones para confirmar su hallazgo.





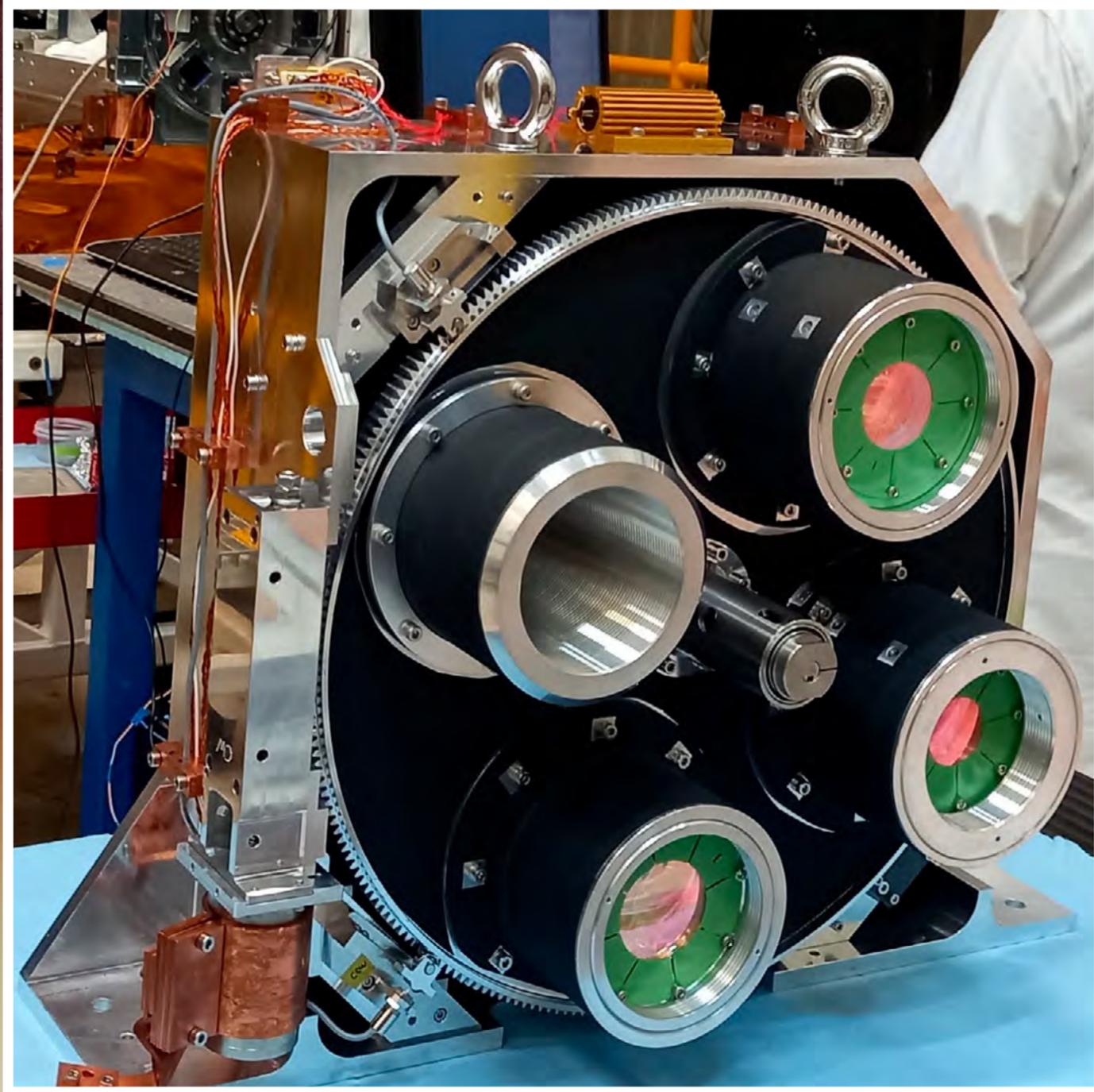
● FRIDA. Crédito: IAUNAM.

Un instrumento que sin duda pasará a ser un detective estelar a fin de seguir el rastro de los exoplanetas, entre otros cuerpos cósmicos, será el instrumento FRIDA (inFRared Imager and Dissector for the Adaptive Optics System) del Gran Telescopio de Canarias (GTC), liderado científica y técnicamente por el Instituto de Astronomía de la UNAM (IAUNAM), en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC, España), el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI, México), la Universidad de Florida (UF, Estados Unidos) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM, España). Probablemente a fines de este año ya estará instalado en el GTC, ubicado en el Observatorio Roque de los Muchachos en la cima de Isla de la Palma.

FRIDA y su detector de colores

Hace diez años tuve la fortuna de visitar el Gran Telescopio de Canarias, que deja sin aliento al ver su diámetro de 10.4 metros en el espejo principal, y constatar que es uno de los más avanzados en el mundo para observar al Universo en la banda infrarroja de la luz. Antes de partir a éste, su nuevo hogar, el detector de imágenes celestes de FRIDA requiere de pasar las pruebas a las que es expuesto por los especialistas del IAUNAM.





● Mecanismo de cambio de modo. Crédito: IAUNAM.

Salvador Cuevas Cardona, quien se encuentra al frente del grupo de óptica de este instrumento, explica que las realizan con un detector de ingeniería que se parece al "bueno, pero no es, ya que tiene pixeles muertos por si falla algo y se echa a perder". Durante mayo de 2025 le colocarán a FRIDA el detector con el chip correcto, con un valor de medio millón de dólares. Ingenieros del GTC vendrán a México a probarlo. Lo mismo sucederá cuando FRIDA llegue a Canarias, y ya después, el instrumento se instalará en el GTC. La exigencia al máximo.

Ahora mismo, dentro de un contenedor, se halla en construcción el sistema de amortiguamiento de la plataforma donde descansará FRIDA para su traslado. "Tiene que ir suspendido con objeto de que no sufra golpes o daños; pronto el CIDESI, ubicado en Querétaro, entregará ese sistema".

¿Qué se podrá observar? Lo primero a subrayar es que la turbulencia atmosférica originada por los cambios en la densidad y la temperatura de la atmósfera terrestre distorsiona la luz emitida por los cuerpos en estudio. Así, para corregir esa alteración en las imágenes recibidas, el GTC cuenta con un sistema de óptica adaptativa. Esto significa que el espejo secundario del telescopio tiene la capacidad de moverse rápidamente, se deforma, y de esta manera elimina los estragos ocasionados por la turbulencia.



De la mano del sistema de óptica adaptativa, el detector de FRIDA tendrá una resolución en tierra mejor que la del Telescopio Espacial James Webb. La diferencia consiste en “que éste último, al permanecer en el espacio, no sufre el efecto de la humedad atmosférica y capta mejor la banda infrarroja de los objetos celestes”, explica el doctor Cuevas Cardona.

FRIDA podrá recibir la luz de las estrellas —por citar uno de los cuerpos a estudiar—, en modo Imagen, que son fotografías, o en modo de Espectroscopía Integral de Campo. Para explicar en qué consiste este último, Salvador Cuevas me hizo imaginar un salchichón relleno de almendras, aceitunas verdes y negras. Antes de proceder a rebanarlo mentalmente, subrayó que un espectrógrafo descompone la luz procedente de los objetos estelares en los colores que la conforman, tal como la blanca se descompone en un arco iris cuando pasa a través de un prisma.

Los diversos colores que se observarán serán ondas con longitudes muy precisas, que corresponderán a los materiales conformantes de la atmósfera de las estrellas. Esto es, si contiene entre otros materiales helio, el detector captará el color amarillo; si es hidrógeno, el rojo o el azul.

el detector de FRIDA tendrá una resolución en tierra mejor que la del Telescopio Espacial James Webb. La diferencia consiste en “que éste último, al permanecer en el espacio, no sufre el efecto de la humedad atmosférica y capta mejor la banda infrarroja de los objetos celestes”, explica el doctor Cuevas Cardona.

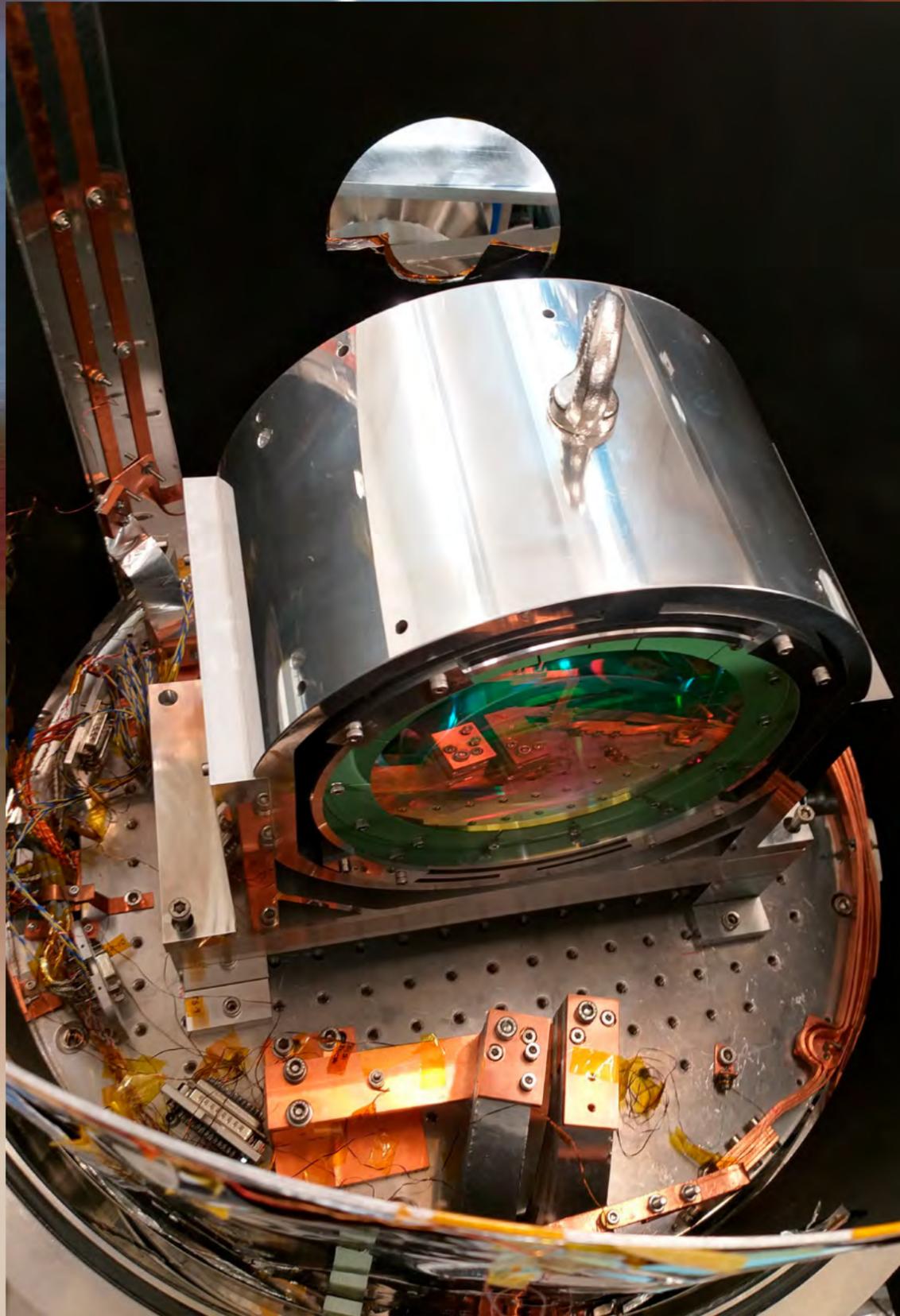
**Nebulosa Orion M42
y NGC1975 Nebulosa brillante**

**Miguel A. Gomez CH.
12Dic20**

“El espectro es la huella digital de la estrella”, asegura el doctor Cuevas Cardona. “Ahora imagina que rebanas al salchichón. En una rebanada puede haber un fragmento de almendra, y en otro, el de alguna aceituna. Eso es lo que hará FRIDA: rebanará las imágenes estelares para analizar los materiales contenidos en cada una”, agrega.

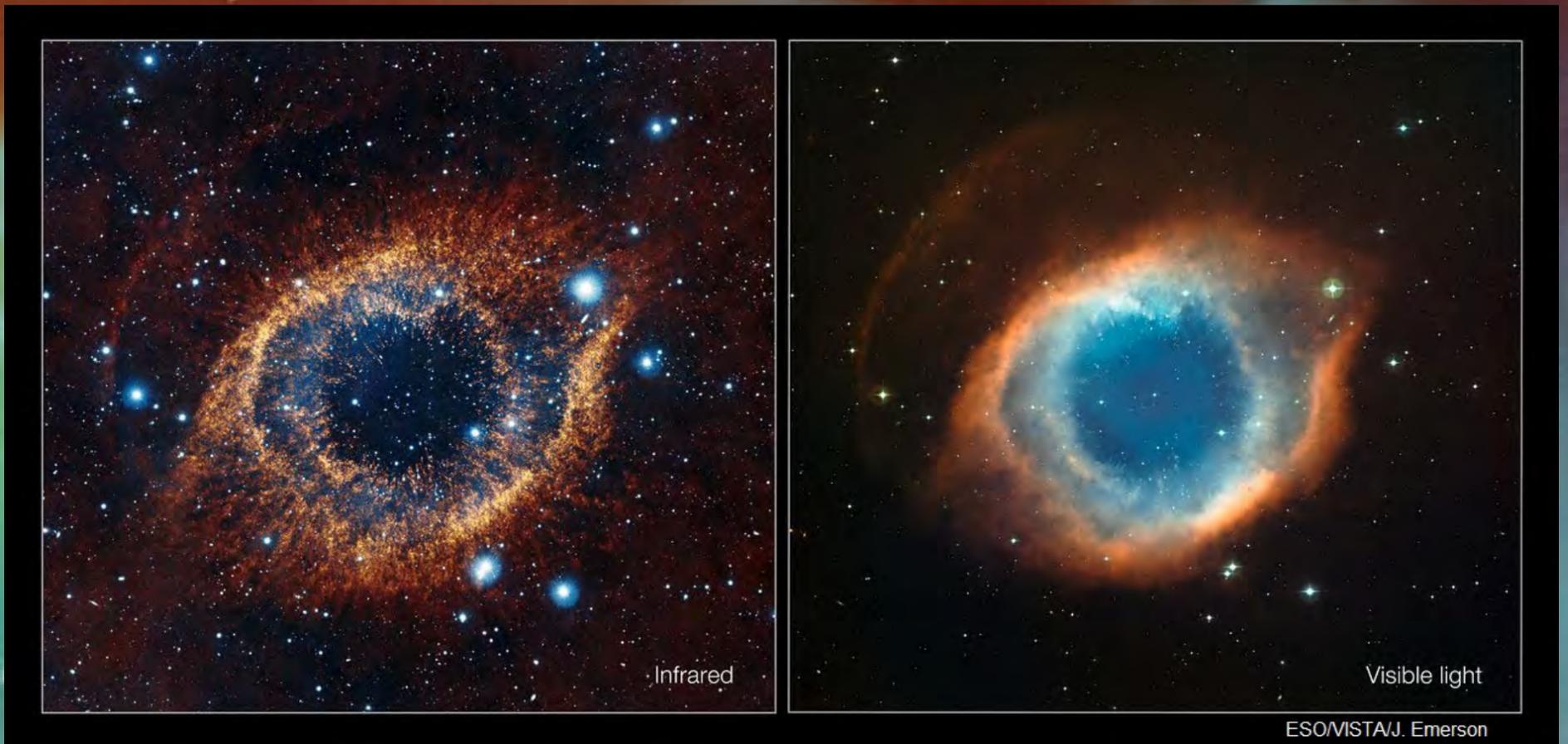
Además podrá detectar si el objeto celeste está alejándose o acercándose al Sistema Solar. Este poderoso instrumento permitirá detectar si en la atmósfera de algún exoplaneta hay moléculas de agua, metano, amoníaco o dióxido de carbono, todas ellas esenciales para la formación de la vida.

Tal vez sin proponérselo, quienes decidieron darle el nombre de FRIDA al instrumento lo hicieron atinadamente, porque recuerda a Frida Kahlo, quien en varias ocasiones mostró entusiasmo por el universo, como lo muestra Rita Eder en la investigación que realizó en 2007. Prueba de ello son, entre otras, su pintura *Niña Tehuacana*, *Lucha María (Sol y Luna)*, en donde se puede ver a nuestra estrella con protuberancias solares, o en la acuarela que tuvo la oportunidad de observar ese mismo año, en la exposición dedicada a Kahlo en el Palacio de Bellas Artes, obra que incluye un Sol rojizo con manchas y protuberancias solares.



● Óptica del espectrógrafo. Crédito: IAUNAM.

Tal vez sin proponérselo, quienes decidieron darle el nombre de FRIDA al instrumento lo hicieron atinadamente, porque recuerda a Frida Kahlo, quien en varias ocasiones mostró entusiasmo por el universo, como lo muestra Rita Eder en la investigación que realizó en 2007.



● Se observa la diferencia en las imágenes de estas nebulosas planetarias cuando se utiliza la óptica adaptativa. Crédito: ESO, VISTA. J. Emerson.

La astronomía, gran impulsora de la innovación tecnológica

“Hay quien dice para qué sirve la astronomía, y no se dan cuenta del impulso que da a la tecnología, la lleva a un punto donde las empresas participantes en algún proyecto no pensaron llegar”, asegura Cuevas Cardona.

Ofrece dos aspectos a fin de respaldar su afirmación: Para su funcionamiento, FRIDA estará colocada dentro de un criostato, una especie de termo gigante o tanque, al cual se le extraerá todo el aire. Los refrigeradores que están en el interior estarán extrayendo el calor de manera continua.

“No hay muchas empresas que puedan hacer estos tanques de acero inoxidable y CIDESI los desarrolló, lo cual ya les permitió entrar al sector de tecnología de alimentos”, comenta Cuevas Cardona.

El criostato mantendrá el instrumento a una temperatura de entre menos 176 y 190 grados centígrados, lo que me provoca ligera temblorina solo de pensarlo, porque el objetivo es ver el calor, el haz emitido por las estrellas.

“Si el lente está caliente y llega la luz de una estrella caliente, el detector lo que va a ver es el calor de la lente, no de la estrella”, añade Cuevas Cardona.

El segundo aspecto que nos indica el enorme valor de estos artefactos se encuentra en las cámaras de los teléfonos celulares, las cuales se desarrollaron por la astronomía. Desde hace décadas se requerían sensores muy sensibles a la luz que obtuvieran imágenes en dos dimensiones para utilizarlos en los telescopios de los observatorios astronómicos. Esos chips fueron utilizados para las webcams, y ahora están integrados a los teléfonos móviles.

“La astronomía exige hacer cosas que no existen”, concluye, contundente, Salvador Cuevas Cardona.



● El GTC, de 10.4 metros de diámetro en el espejo principal. Crédito: Norma Ávila Jiménez.

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

Desde hace más de 20 años se dedica al periodismo de ciencia. Es Premio Nacional de Periodismo 2015 por el Club de Periodistas de México. En 2013 recibió reconocimiento de la televisora alemana Deutsche Welle y mención especial Pantalla de Cristal por la serie televisiva 13 Baktun, coproducida por Canal 22 y el INAH. Es autora del libro El arte cósmico de Tamayo (Ed. Praxis /Instituto de Astronomía, UNAM / Conacyt).



Mitos cuánticos

Teleportación cuántica

GERARDO HERRERA CORRAL

La teleportación o teletransportación a secas, ha sido un mito desde mucho antes que naciera la mecánica cuántica. Aunque se la nombró como tal apenas en los años treinta del siglo pasado ya en el siglo diecinueve se utilizó en un cuento de ciencia ficción de 1877: "El hombre sin cuerpo", de Edward Page. En este relato se llama telepompo a la teletransportación de objetos. Es quizá la primera mención literaria de lo que ahora mucha gente asocia con la "teleportación cuántica".



La teleportación cuántica solo establece teórica y experimentalmente la transferencia de información. En el relato del escritor norteamericano ocurre exactamente eso. Se transmite la información que determina y define un arreglo de átomos en el otro extremo de un cable y allá se reconstruye al objeto con otros átomos.

En la historia de "El hombre sin cuerpo", el Profesor Dummkopf después de hacer varias innovaciones consigue la más importante de todas: transportar cuarzo, almidón y agua de una habitación a la otra usando una bobina. Habiendo conseguido eso, se propone entonces hacer lo mismo con un organismo vivo. Un día aplica la tecnología desarrollada para transportar exitosamente a un gato. Eso lo anima a pensar en llevarse a sí mismo a través del Océano Atlántico. Al intentarlo pudo ver cómo las diferentes partes de su cuerpo iban desapareciendo y cómo el proceso avanzaba desde los pies, poco a poco, para subir por su cuerpo y llegar hasta el cuello. Fue en ese momento que las baterías que proporcionaban energía al aparato de telepomo se agotaron, dejando la cabeza separada del cuerpo.

La cabeza fue colocada en un museo y es gracias a sus capacidades intactas de hablar y razonar que nos pudimos enterar de este trágico desenlace que la innovación tecnológica también suele tener.

La teleportación cuántica, se convirtió también en un mito cuántico desde que se comenzó a considerar la manera de transmitir información por mecanismos cuánticos. Ahora la gente que se refiere al transporte de materia de un lugar al otro como si fuera eso lo que se quiere decir con teleportación cuántica.



Esa es la forma común de entenderla en el cine y casi toda la literatura de ciencia ficción. Para la fantasía colectiva la teleportación consiste en mover objetos o personas de un lugar a otro, de manera instantánea, y sin pasar por los puntos del espacio que se encuentre entre la posición inicial y la final. Sin embargo, esto no es lo que se entiende en el área de investigación de estos procesos. Una tal cosa no es posible. Se ha conformado en un mito. No existe ningún mecanismo capaz de realizar tal proeza.

Lo que sí tenemos, y es tema de estudio serio, intenso y de gran interés, es la transferencia de información cuántica. La transmisión de información ha sido realizada con éxito a la velocidad de la luz.

El apelativo ha generado confusión, la gente piensa en el traslado de materia cuando en realidad se trata de información y el fenómeno se ha convertido en mito.

La palabra se inventó, o por lo menos se usó, con mayor frecuencia en los años 30s para referirse a misteriosas desapariciones que estaban seguidas de reaparición en otro lugar. Hoy, Teleportación Cuántica es terminología científica con sentido estricto y procesos experimentales rigurosos que no implican el transporte de materia.

Una versión interesante de “transportador” o teletransportador apareció en *Star Trek* (Viaje a las Estrellas) en que un dispositivo es capaz de leer la posición de todas las partículas que componen a un objeto para luego descomponerlo y enviarlas a todas ellas por un haz hasta el lugar donde nuevamente serán montadas con la posición que tenían. Se reconstruía así el objeto original.

Siempre se cuestionó el procedimiento que no consideraba la incertidumbre asociada con la posición de las partículas microscópicas debida al principio de incertidumbre de Heisenberg en la mecánica cuántica.

La teleportación cuántica es la transferencia de información del estado de un sistema cuántico a otro que se encuentra distante. En el año 2005 el físico Anton Zeilinger fue el primero en lograr teleportación con dos fotones de una orilla del río Danubio a la otra. Para 2012 logró hacerlo entre La isla Palma y Tenerife, en las Islas Canarias, con una distancia de 144 kilómetros de distancia y sin ninguna conexión.

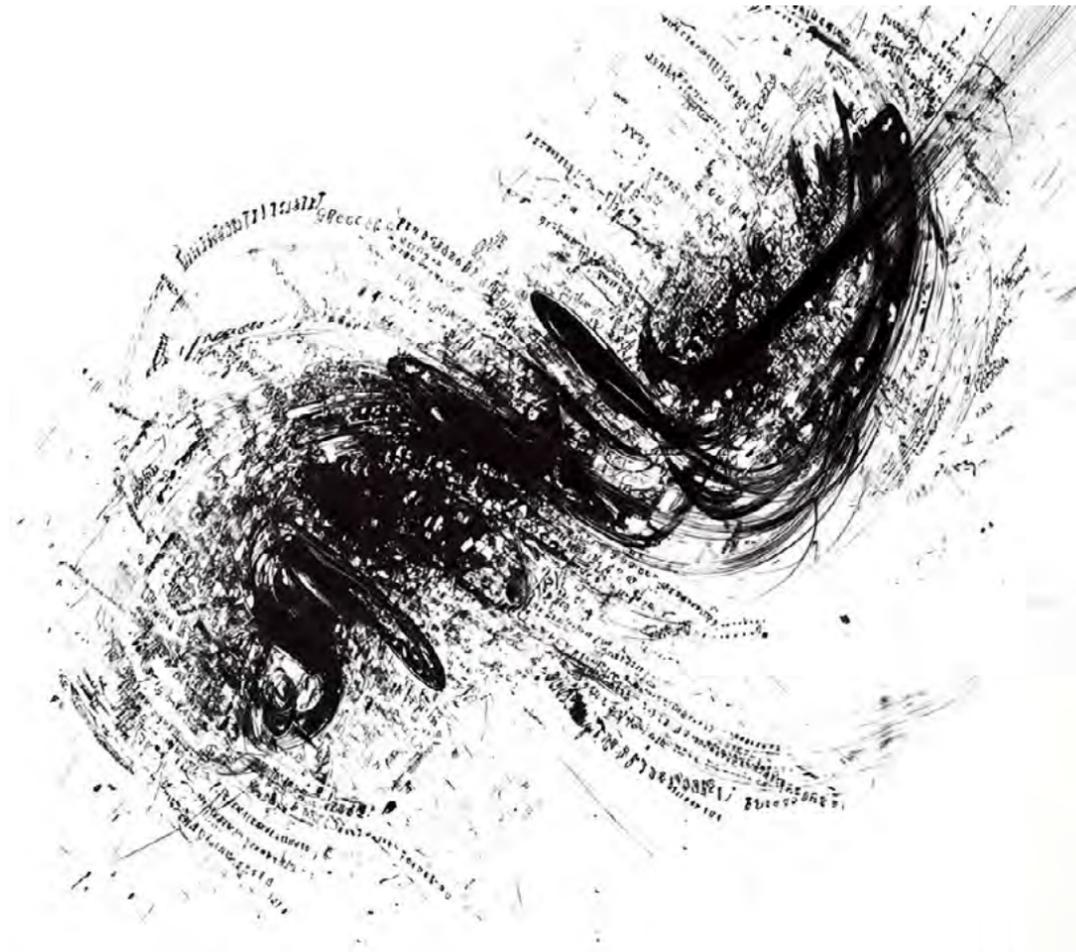


El truco recurre al entrelazamiento cuántico en que dos partículas que han estado juntas al separarse permanecen conectadas de algún modo. Observar una definirá el estado de la otra.

Cuando dos partículas entrelazadas viajan en direcciones opuestas y una de ellas se encuentra con una tercera partícula, al interactuar, la tercera partícula pierde su estado original pero sus propiedades se transfieren a la partícula solitaria del par original. De esa manera se ha enviado información a la velocidad de la luz de un lugar a otro.

Esta es la única manera posible de copiar estados cuánticos. El método no es muy eficiente. Si lo que se envía es una propiedad cuántica entonces la probabilidad de éxito es del cincuenta por ciento. Cuando se envían dos propiedades cuánticas o más la probabilidad de éxito disminuye. En todo caso, lo que se transmite es información y no materia.

“Teletransportame, Scotty”, decían en Star Trek. Lo que podría querer decir es: “envía la información de lo que soy en este momento para que allá me reconstruyan”; pero esto encuentra dificultades y controversias profundas aún por resolver.



***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)*.

LA SORPRENDENTE QUÍMICA ORGÁNICA EN EL ESPACIO INTERESTELAR

GABRIELA PÉREZ

Incluso en las desoladas tierras baldías del espacio interestelar, las moléculas orgánicas complejas parecen encontrar la manera de formarse.

Está a cientos de años luz de la Tierra, es fría y oscura. Las estrellas emergentes que existen son en su mayoría demasiado jóvenes y muy pocas para tener mucho impacto en temperaturas que oscilan entre 373.15 y sólo 283.15 °C. La densidad de las partículas puede ser miles de billones de veces menor que la de un gas en la Tierra. Es bastante razonable que durante mucho tiempo la gente supusiera que no pasaba gran cosa en este espacio oscuro y vacío entre las estrellas.

Pero gracias a los avances en la tecnología astronómica, ahora sabemos que se trata de regiones en constante evolución donde las densidades de materia cambian, las nubes atómicas se transforman en nubes moleculares que colapsan bajo la gravedad dando lugar a protoestrellas. Se han detectado más de 260 especies moleculares diferentes en el espacio interestelar, incluidos alcoholes, aldehídos, ácidos y amidas y muchas otras moléculas orgánicas, algunas familiares en la Tierra, otras no estables en absoluto aquí.

“Somos capaces de encontrar e identificar con absoluta certeza algunas de las moléculas que están presentes no sólo en la Tierra, no sólo en las nebulosas gaseosas en las proximidades del Sol, sino también en las nubes moleculares de las galaxias más distantes que pertenecen a un universo joven en el borde del universo”, explica Michel Guelin, astrónomo del Instituto de Radioastronomía Milimétrica de Grenoble, Francia.



La conclusión general es que la composición química de la materia es la misma aquí y en el otro extremo del universo, y la química basada en el carbono, al menos hasta la etapa de las moléculas prebióticas, parece dominar. Si bien esto elimina parte del misterio de lo que podría haber ahí afuera. Investigadores de todo el mundo ahora están tratando de comprender cómo todas estas moléculas orgánicas tan a menudo asociadas con el ambiente cálido y activo de los organismos vivos pueden formarse en algún lugar tan frío, oscuro y vacío, el tipo de lugar donde se podría esperar que la química orgánica muriera.

Un grano de esperanza para la química interestelar

Dado que el hidrógeno es el elemento más abundante en el universo y forma una molécula tan simple de sólo dos átomos de hidrógeno, podría parecer la molécula más obvia a buscar en una nube molecular. Sin embargo, aunque se han observado señales del hidrógeno molecular, resulta que su formación en el espacio interestelar no es tan sencilla.



Metoximetanol



Formaldehído

La energía liberada en la reacción de dos átomos de hidrógeno para producir una molécula de hidrógeno en fase gaseosa desgarraría la nueva molécula. Puede formarse gracias a la existencia de granos de polvo, que pueblan las nubes moleculares con una abundancia de alrededor de uno a cien en comparación con las partículas de gas.

Estos granos generalmente tienen una superficie de agua sólida amorfa ya que allí las moléculas de agua se acumulan una a una, ya sea formándose a partir de oxígeno e hidrógeno en el grano o adhiriéndose ya formadas. Sería necesario calentarlos muy por encima de las temperaturas locales de 10 a 100 K (Recuerda que 1K equivale a 273.15 °C) para que el agua sólida forme el hielo cristalino que conocemos en la Tierra.

Tales granos de polvo pueden disipar la energía de la reacción cuando se forma una molécula de hidrógeno, dejando la nueva molécula intacta. «La disipación de energía es muy importante porque permite que se puedan llevar a cabo procesos de adición sencillos», explica Masashi Tsuge, que estudia ciencias de las bajas temperaturas en la Universidad de Hokkaido, Japón.

Estas reacciones de adición son particularmente importantes entre radicales libres como CH_2OH o CH_3O , que podrían combinarse para dar metoximetanol $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{OH}$. Sin estos granos de polvo, los esfuerzos por explicar el origen de los cientos de moléculas diferentes observadas en el espacio interestelar a partir de una química puramente en fase gaseosa se quedan cortos por un amplio margen.



Túneles hacia el agua

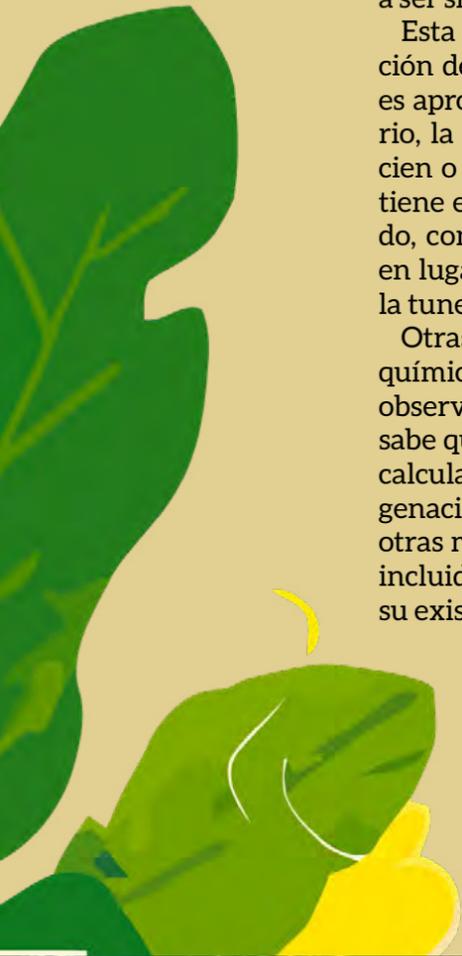
Sin embargo, la presencia de esta agua presenta otro enigma, porque la barrera de energía de activación que debe superarse para que se formen moléculas de agua es mucho más alta que las energías a las temperaturas heladas de una nube molecular. Resulta que, si bien el agua es la molécula más abundante en estos granos de polvo, sólo se forma gracias al túnel cuántico, un efecto mecánico cuántico que permite una probabilidad pequeña pero finita de que algo suceda, incluso cuando la energía requerida según la física clásica no es suficiente.

El papel de los túneles cuánticos en la química se puede identificar en experimentos observando las reacciones a medida que disminuye la temperatura. Para la química térmica convencional, la velocidad disminuirá gradualmente a medida que la temperatura disminuya y haya menos energía disponible para la reacción.

Sin embargo, la probabilidad de formación de túneles depende sólo de la distancia y el tamaño de las partículas, por lo que a medida que las temperaturas disminuyen a un nivel en el que los efectos cuánticos comienzan a ser significativos, la velocidad de reacción se estabiliza.

Esta es también la razón por la que, aunque la proporción de la velocidad de reacción térmica del hidrógeno es aproximadamente 1,4 veces mayor que la del deuterio, la velocidad de la reacción de túnel cuántico sería cien o incluso mil veces más rápida porque el deuterio tiene el doble de masa que el hidrógeno. Como resultado, comparar las velocidades de reacción con deuterio en lugar de hidrógeno puede ser un indicador útil de si la tunelización cuántica está involucrada en la reacción.

Otras pruebas del papel de los túneles cuánticos en la química también provienen de reacciones que se han observado experimentalmente a temperaturas que se sabe que son demasiado bajas para superar lo que se ha calculado que es la barrera a la reacción, como la hidrogenación del monóxido de carbono. Así, algunas de las otras moléculas más abundantes en los granos de hielo, incluidos el formaldehído y el metanol, también deben su existencia a la tunelización cuántica.

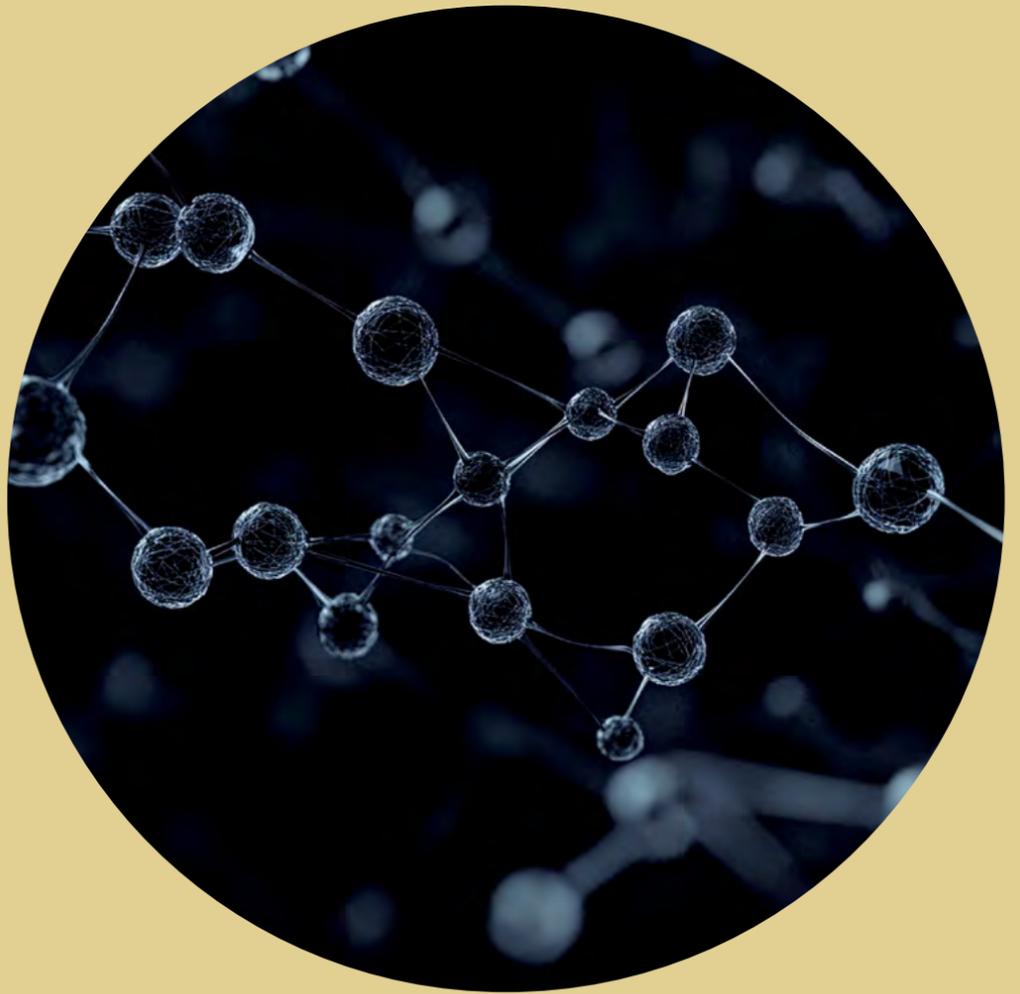


Surfeando la superficie

El inusual estado sólido pero amorfo del agua en la superficie del grano tiene un impacto en otro papel crítico que desempeñan los granos de hielo en la química interestelar. A medida que los reactivos se adsorben y permanecen en la superficie del grano, el tiempo de interacción se prolonga, lo que permite más tiempo para las reacciones químicas, pero muchas de ellas requerirían un nivel de movilidad en la superficie del grano para que los átomos puedan difundirse hacia otros átomos donde podrían reaccionar. La naturaleza de la superficie del grano y cómo el átomo se adhiere a ella tiene un impacto crítico en lo que puede hacer allí.

Ha quedado claro que el hidrógeno puede difundirse en la superficie de este tipo de granos de polvo incluso a las bajas temperaturas del espacio interestelar porque los átomos de hidrógeno son muy pequeños y están débilmente unidos al hielo. Sin embargo, la química para crear todas las moléculas orgánicas que se han observado en el medio interestelar gira en torno a reacciones con átomos de carbono.

Al principio se pensaba que los átomos de carbono podrían moverse sobre la superficie del grano a bajas temperaturas. Luego, cálculos posteriores sobre cómo se adheriría el carbono a la superficie del agua sólida amorfa sugirieron que la longitud y la fuerza del enlace serían similares a las de un enlace covalente.



Esencialmente, el átomo de carbono sería quimisorbido inmediatamente, dejando poco margen de maniobra a través de la difusión superficial a las temperaturas del espacio interestelar, por lo que sólo podría reaccionar con otro átomo de carbono allí si la quimisorción inicial los colocara uno al lado del otro. Por lo tanto, las posibilidades de que se produzca gran parte de la química del carbono en los granos de polvo parecerían bastante escasas, si la evidencia es sólida. contra la difusión superficial del carbono fueron concluyentes.

“El problema es que ambos escenarios se escribieron sin elucidación experimental”, dice Tsuge a Chemistry World. Para resolver el debate, él y sus colegas combinaron la desorción fotoestimulada con la ionización multifotónica mejorada por resonancia, una técnica que ya había demostrado ser útil para estudiar la difusión de moléculas de OH en granos de hielo.

(La quimisorción es un tipo de adsorción que implica una reacción química entre la superficie y el adsorbato.)



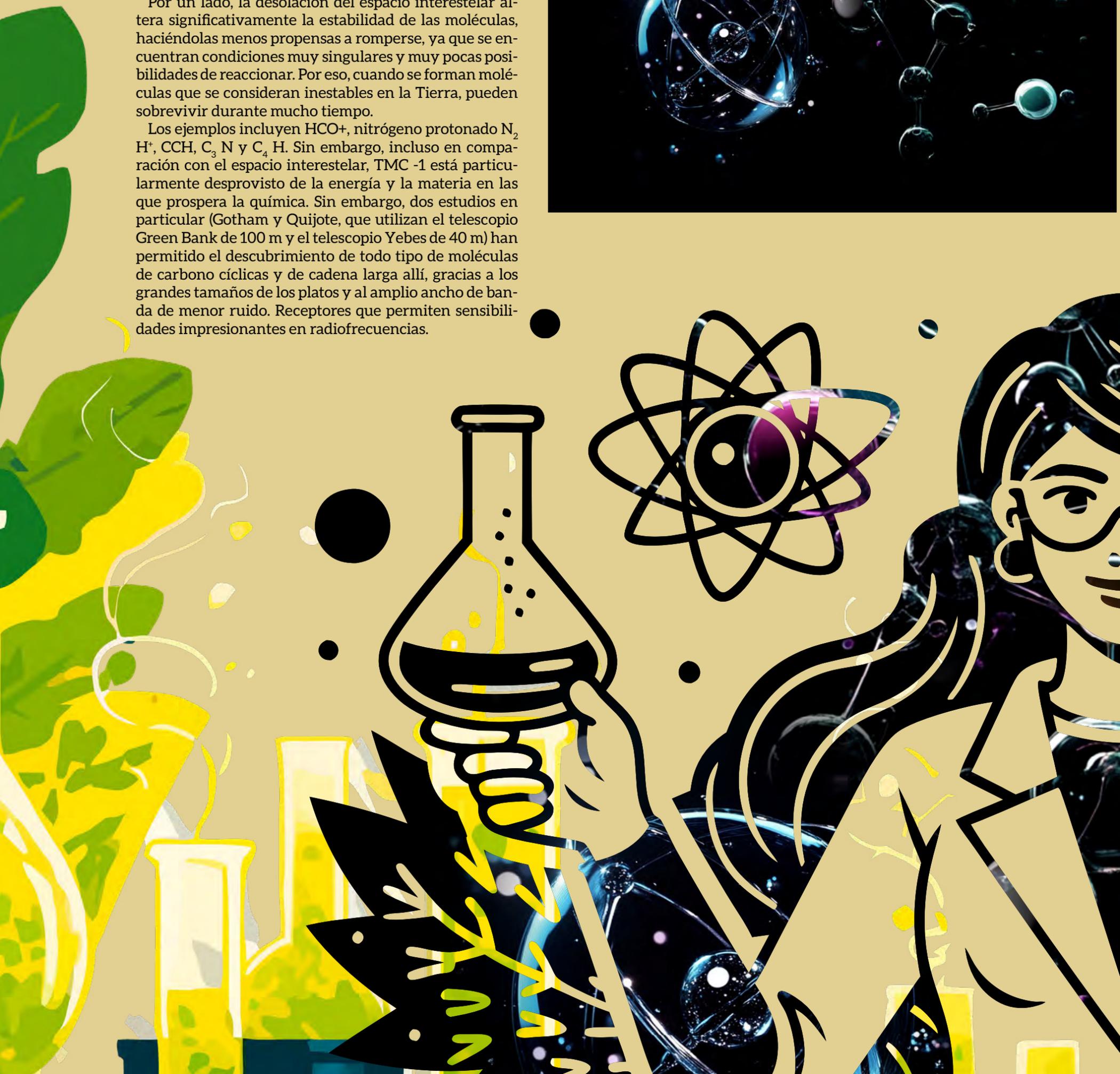
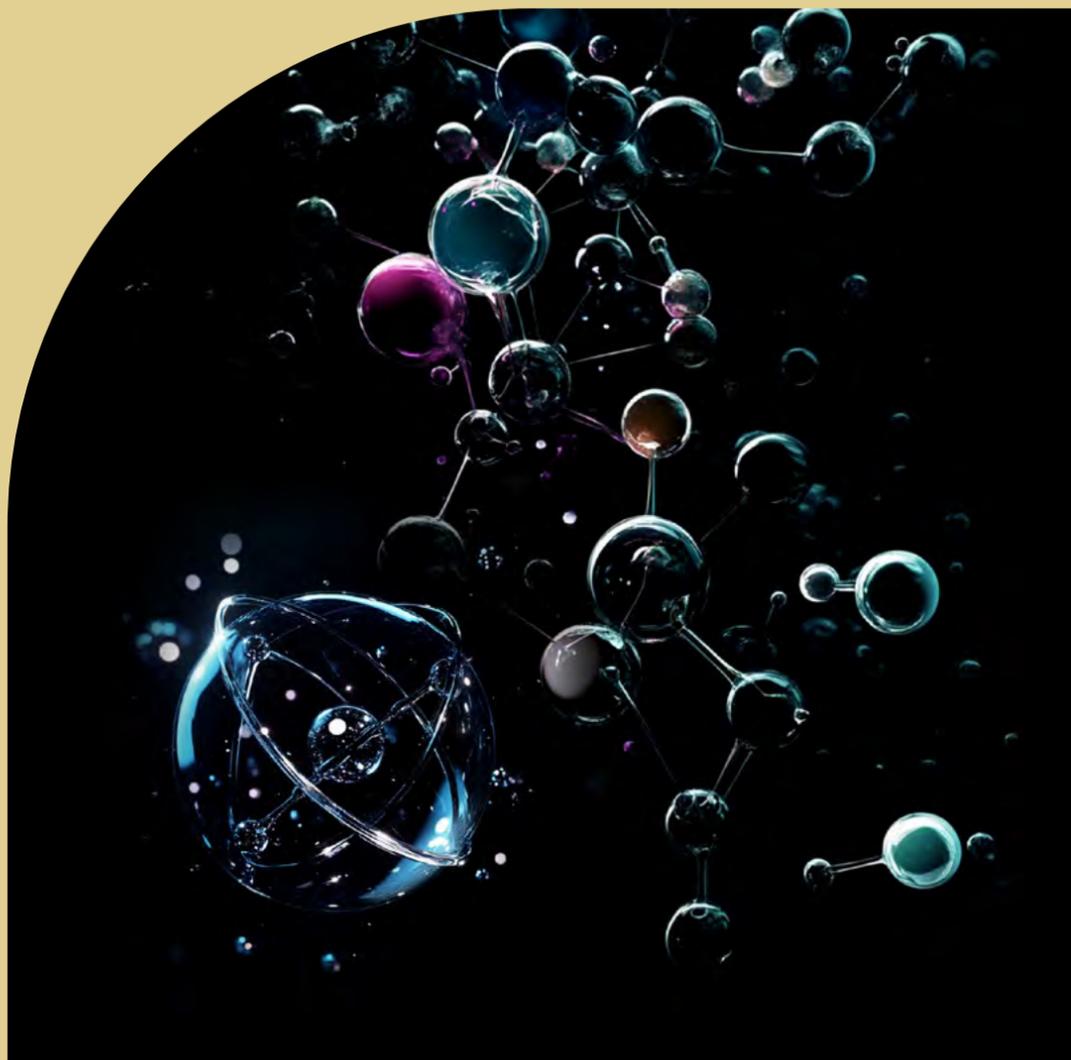
Depositaron moléculas de agua sobre aluminio ultrafrío para producir la superficie amorfa del hielo y luego agregaron algunos átomos de carbono, los estimularon con un láser cuidadosamente sintonizado para desorberlos y luego los ionizaron para que pudieran ser detectados con un espectrómetro de masas. Cualquier átomo de carbono que difunda y se una a otro no aparecerá en el censo de espectrometría de masas porque la longitud de onda para la ionización está ajustada de modo que solo se ionicen átomos de carbono individuales. Sus experimentos demostraron que el carbono puede difundirse en las superficies de los granos de polvo.

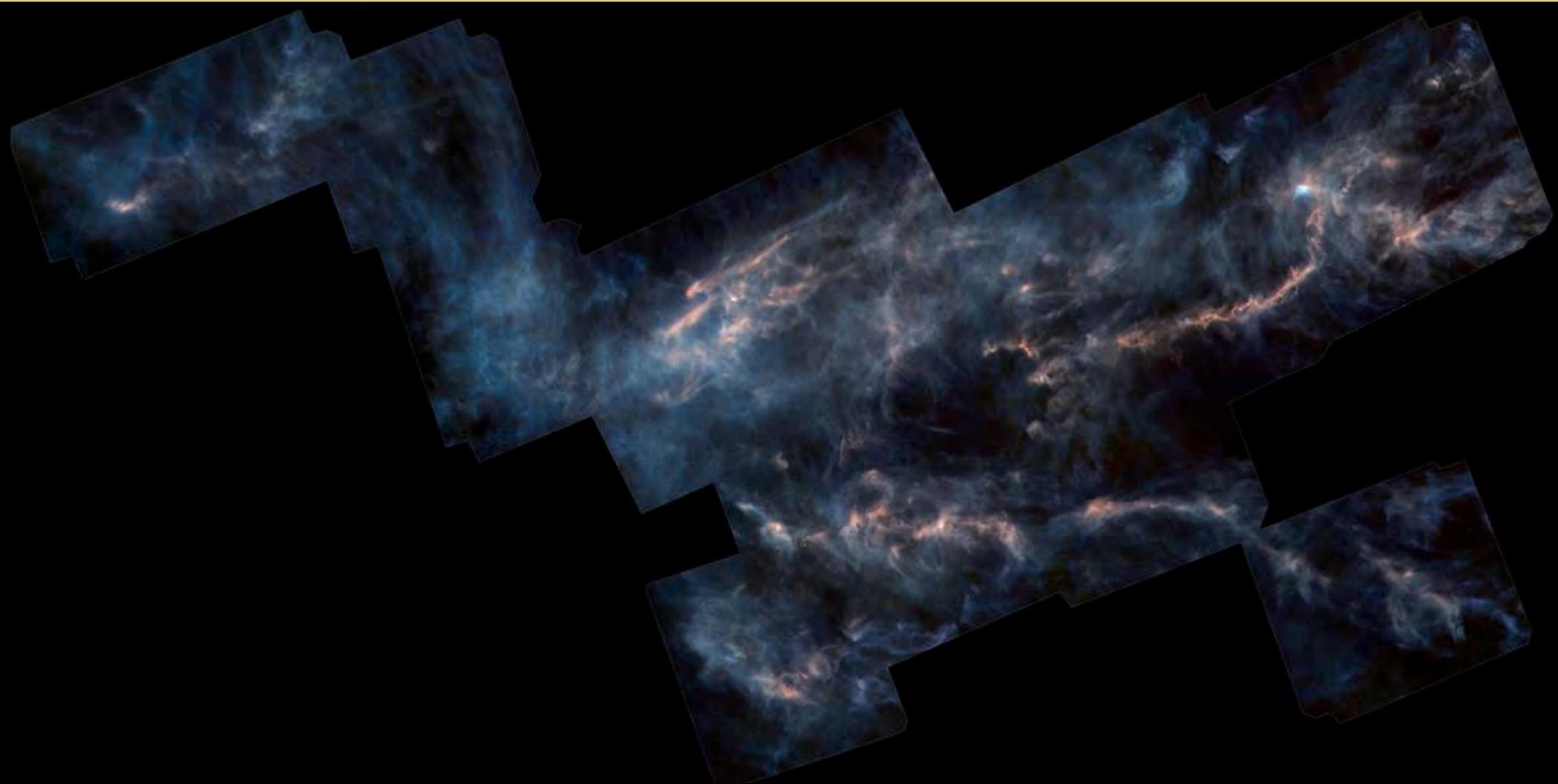
Los grandes conglomerados moleculares

Con las reacciones aditivas y la química del carbono en juego, es posible intentar describir la procedencia de algunas de las moléculas más complejas observadas en el espacio interestelar, como las descubiertas en una nube molecular en la constelación de Tauro conocida como TMC-1.

Por un lado, la desolación del espacio interestelar altera significativamente la estabilidad de las moléculas, haciéndolas menos propensas a romperse, ya que se encuentran condiciones muy singulares y muy pocas posibilidades de reaccionar. Por eso, cuando se forman moléculas que se consideran inestables en la Tierra, pueden sobrevivir durante mucho tiempo.

Los ejemplos incluyen HCO^+ , nitrógeno protonado N_2^+ , H^+ , CCH , C_3N y C_4H . Sin embargo, incluso en comparación con el espacio interestelar, TMC -1 está particularmente desprovisto de la energía y la materia en las que prospera la química. Sin embargo, dos estudios en particular (Gotham y Quijote, que utilizan el telescopio Green Bank de 100 m y el telescopio Yebes de 40 m) han permitido el descubrimiento de todo tipo de moléculas de carbono cíclicas y de cadena larga allí, gracias a los grandes tamaños de los platos y al amplio ancho de banda de menor ruido. Receptores que permiten sensibilidades impresionantes en radiofrecuencias.





Fuente: © ESA/Herschel/NASA/JPL-Caltech

Se han identificado muchas especies orgánicas en la nube molecular de Tauro.

Nube molecular de Tauro.



Entre los descubrimientos recientes en TMC-1 en los últimos años se encuentran varias moléculas cíclicas basadas en carbono: ortobencino (C_6H_4), cianonaftalenos y moléculas con anillos de cinco miembros, como el indeno (C_9H_8) y ciclopentadienos.

Una forma de explicar cómo se forman estas moléculas más complejas es mediante la ruptura de moléculas aún más grandes producidas alrededor de una estrella caliente: síntesis “de arriba hacia abajo”.

Sin embargo, Christopher Shingledecker, astrofísico molecular teórico/computacional del Benedictine College de EE. UU., explica que si bien se ha descubierto que las atmósferas de estrellas antiguas, ricas en carbono, de masa baja a media, tienen inventarios químicos bastante ricos, incluido benceno, la observación de moléculas incluso tan complejas como los hidrocarburos aromáticos policíclicos en nubes moleculares frías son más difíciles de explicar desde un mecanismo de arriba hacia abajo: moléculas tan grandes deberían haberse fotodisociado antes de poder llegar a una nube molecular fría.

Como resultado, un número cada vez mayor de expertos favorece una versión “de abajo hacia arriba” de los acontecimientos, en la que se forman moléculas complejas en nubes moleculares a partir de la combinación de precursores más pequeños. La pregunta entonces es cuáles son sus precursores.

“Las reacciones en fase gaseosa en el espacio son como una secuencia de colisiones bimoleculares”, señala Ralf Kaiser, profesor del departamento de química de la Universidad de Hawaii (EE.UU.). Con tan poco alrededor, las posibilidades de que más de dos partículas colisionen en la fase gaseosa se vuelven extremadamente raras, incluso en escalas de tiempo astronómicas, por lo que el desafío es encontrar dos posibles precursores de la molécula en cuestión para intentar identificarlos, por la química interestelar.

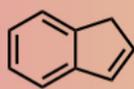
Los cálculos que han intentado demostrar cómo los hidrocarburos aromáticos policíclicos sustituidos como el fulvenaleno (C_7H_8) 1- y 2-etinilciclopentadieno (1ECP y 2ECP) podrían formarse a partir de precursores de benceno y fenilo arrojan abundancias significativamente inferiores a las observadas.

Sin embargo, una explicación más probable para la procedencia de estas complejas moléculas aromáticas puede ser la de los radicales metilo (CH_3) que también se han observado en el espacio interestelar en el centro galáctico Sagitario A* y el ortobencino. Shingledecker, en colaboración con investigadores de EE. UU. y Europa dirigidos por Jordy Bouwman de la Universidad de Colorado en Boulder, EE. UU., combinó experimentos sobre metilo y ortobencino en Swiss Light Source con simulaciones que ayudaron a identificar los productos probables de la combinación de los dos. compuestos.

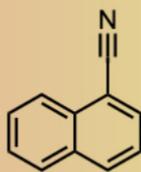
El estudio reveló que la ortobencina puede desempeñar un papel importante en la química de TMC-1 ya que, como señala Shingledecker, "entre las especies cíclicas conocidas en TMC 1, puede producir fácilmente especies más complejas de manera muy eficiente". Las reacciones que involucran ortobencino también explican la formación de indeno y posiblemente cianociclopentadienos que se han observado en TMC-1, así como otros hidrocarburos cíclicos y sustituidos con nitrógeno, lo que subraya la importancia que tendrían estas reacciones en las frías nubes moleculares interestelares.



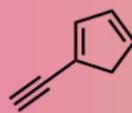
ortobencino



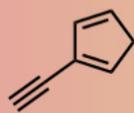
indeno



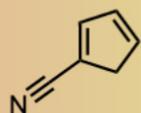
cianonaftalenos



1-etinilciclopentadieno



2-etinilciclopentadieno



Cianociclopentadieno





En otros lugares, investigadores han ideado vías químicas para que se formen moléculas orgánicas de apariencia sorprendentemente biótica en estos entornos interestelares improbables. Kaiser y Agnes Chang de la Universidad Nacional Dong Hwa de Taiwán han dirigido varios estudios que analizan la posibilidad de diferentes reacciones químicas en el espacio interestelar gaseoso y también dentro de los hielos de nanopartículas interestelares.

Entre ellos estaba la combinación de dióxido de carbono y amoníaco para producir ácido carbámico, que es un ingrediente destacado en gran parte de la bioquímica, incluida la síntesis biológica de azúcar a partir de sales de carbamato en el ciclo de Calvin y la síntesis de las nucleobases que forman los nucleótidos y, en última instancia, los ácidos nucleicos. ácido en el ADN a partir de carbamoil fosfato. Ambas moléculas precursoras son probablemente candidatas a la química interestelar, ya que han sido detectadas en hielos interestelares y como base de Lewis, se esperaría que el amoníaco se combinara con el dióxido de carbono.

Para verificar qué podría formarse, los investigadores monitorearon los espectros infrarrojos de los dos químicos depositados sobre un sustrato a entre 5 y 10 K y calentados a 1 K por minuto.



Los espectros, junto con sofisticadas mediciones y cálculos de espectrometría de masas de fotoionización, indicaron que las reacciones comenzaron alrededor de 39K. En el hielo, de alguna manera, la barrera se contrae y es más fácil. Aunque la barrera inferior también hace que sea más fácil disociarse nuevamente en sus precursores, a medida que aumentan las temperaturas y la molécula se sublima del solvente, descubrieron que era lo suficientemente estable como para sobrevivir a las temperaturas más altas de las regiones de formación de estrellas donde también se pueden formar planetas.

El trabajo presenta un interesante escenario alternativo para los orígenes de las moléculas prebióticas que a menudo se considera que se formaron en la Tierra gracias a una sacudida de energía de un relámpago.

Kaiser también señala que, aunque la gente suele atribuir efectos de solvatación al agua, en el estudio de síntesis del ácido carbámico el disolvente es el amoníaco en la fase condensada (helada). Esto es muy interesante porque en la Tierra el amoníaco es bastante tóxico, pero en el espacio, el químico tóxico es realmente necesario para formar moléculas que posiblemente estén involucradas en el origen de la vida.

Aunque todavía no se han observado ácido carbámico ni su sal en una nube molecular como TMC-1 o en regiones de formación de estrellas como SgrB2, señalan Kaiser y Chang en su informe, es muy posible que telescopios como el telescopio espacial James Webb o el gran conjunto milimétrico de Atacama puedan detectarlos en futuros estudios.

Quedan otros misterios. Al comparar la abundancia relativa de azufre en el espacio y la abundancia de azufre en las moléculas que se han observado en las nubes moleculares parece haber una cantidad significativa ausente en las observaciones. El problema del azufre faltante ha despertado especial interés porque, las moléculas que contienen azufre son vitales para la vida. La sugerencia es que el azufre debe estar presente en formas indetectables como el S8, pero si bien se han propuesto teorías sobre cómo podría formarse en el espacio interestelar, hasta el momento no hay evidencia experimental concluyente al respecto.



La superposición entre las moléculas que se encuentran en el espacio y las que a menudo se consideran prebióticas o integrales para los procesos de vida aquí en la Tierra ha tentado a especular que provienen de formas de vida extraterrestres. En lugar de considerar las moléculas orgánicas observadas en diferentes tipos de nubes moleculares como desechos alienígenas, el trabajo de laboratorio y los cálculos teóricos revelan una procedencia más probable, y posiblemente más intrigante de todas estas sustancias, en la forma de una química interestelar sorprendentemente rica.

En ella, longitudes astronómicas de tiempo remodelan lo que, por lo general, podría denominarse como un encuentro probable en densidades tan bajas. Y si esa química puede dar lugar a vida en la Tierra, quién sabe adónde podría conducir en otros lugares.

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



Un lenguaje eléctrico

ELÍAS MANJARREZ

*El universo nos habla con su variedad de energías,
mientras nuestro interior escucha y habla un
lenguaje eléctrico.*

Cuando disfrutamos un aromático café mientras suena música suave y nos rodean colores relajantes, nuestros sentidos convierten esa experiencia en impulsos eléctricos dentro del cerebro. Esto es posible gracias a receptores sensoriales que transforman distintos tipos de energía, como la luz, el sonido o las moléculas del aroma, en señales eléctricas.

Todo lo que percibimos, sin importar su origen, termina codificado en forma de electricidad que viaja en árboles dendríticos y axones de las neuronas; lo que permite la liberación de neurotransmisores químicos. Estas señales se combinan con recuerdos, emociones y nuestra conciencia, generando la experiencia subjetiva del mundo. Así, todas las señales neuronales son impulsos eléctricos y *señales neuroquímicas*; no existen corrientes “visuales” o “auditivas” en su forma física original fluyendo en nuestro cerebro.

Entonces, ¿cómo distingue el cerebro un estímulo visual de uno auditivo o táctil, si todos se transmiten como electricidad? La neurociencia ofrece una explicación parcial, no definitiva.

Las primeras investigaciones nos enseñaron que cada tipo de estímulo sigue una ruta específica en el sistema nervioso y es procesado en regiones distintas del cerebro. La información visual llega a la corteza occipital; la auditiva, al lóbulo temporal; y la táctil, al lóbulo parietal. Concluyeron que no es la naturaleza física de la señal, sino el camino que recorre y su destino espacial, lo que determina cómo la percibimos.



Este principio se confirmó cuando se estimuló directamente la corteza visual y los participantes reportaron ver destellos de luz, incluso sin estímulos visuales reales. De forma similar, la estimulación de la corteza auditiva provocó la ilusión de oír sonidos inexistentes [1], y así para otras modalidades como la del tacto [2]. Ello sugirió que la percepción depende del lugar del cerebro que se activa, y no del tipo de energía sensorial original.

Pero esa explicación, por sí sola, no es completamente satisfactoria. Un contraejemplo es que la estimulación de la corteza auditiva no basta para generar la percepción del lenguaje hablado [3]. Los circuitos neuronales del lenguaje y de otras funciones cognitivas se distribuyen en amplias zonas del cerebro y dependen de redes complejas.

Otro contraejemplo es el siguiente. Supongamos que conectamos una fotocelda y un micrófono a dos compartimientos distintos. Ambos convertirán luz y sonido en electricidad. Sin saber qué sensor va a qué caja, no podríamos distinguir las señales solo por su ubicación. Ello indica que debe haber algo más. Un código de comparación de las señales eléctricas, tal vez en su ritmo, frecuencia o patrón, que ayude al cerebro a identificar su origen.

Aquí es donde entran en juego las neuronas multisensoriales, que son células nerviosas capaces de recibir señales de distintas modalidades y combinarlas de manera coherente. Esas neuronas permiten que el cerebro compare e interprete información visual, auditiva y táctil como parte de una misma escena.

De hecho, cuando un estímulo visual se acompaña de un sonido, reaccionamos más rápido que si ocurriera por separado. Esta integración automática entre sentidos mejora nuestra percepción y ha sido esencial para la supervivencia.

Un estudio reciente de Gao y colegas (2025) sugiere que esa integración depende de la confianza subjetiva y no de una simple suma de señales [4]. En otras palabras, el cerebro no solo fusiona datos: los interpreta con base en experiencias previas, contexto y certeza.

Tal es el caso de las llamadas neuronas concepto, que evidencian cómo el cerebro puede abstraer una idea más allá de los estímulos sensoriales concretos [5]. Estas neuronas responden a un mismo significado, incluso cuando la forma visual cambia por completo. También participan en la formación estable de los recuerdos [6]. Lo importante no es la apariencia multisensorial, sino el contenido que se construye de manera eléctrica. Como lo describió Shakespeare, una rosa seguiría teniendo el mismo aroma, aunque la llamáramos de otro modo.

Cuando un estímulo visual se acompaña de un sonido, reaccionamos más rápido que si ocurriera por separado. Esta integración automática entre sentidos mejora nuestra percepción y ha sido esencial para la supervivencia.

Aun así, aunque sabemos cómo viajan y se procesan las señales sensoriales, y cómo ocurre el procesamiento más abstracto de los conceptos, seguimos sin comprender por completo cómo se convierte una descarga eléctrica en una experiencia de color, aroma o emoción. Este es el llamado "problema difícil de la conciencia". No sabemos por qué una señal en la corteza visual genera la experiencia subjetiva de visión, y no de sonido o tacto. Descifrar los mecanismos fisiológicos de la experiencia subjetiva sigue siendo uno de los mayores retos de las neurociencias.



Es curioso que los dispositivos que fabricamos posean sensores que también imitan la lógica de conversión de diferentes energías en energía eléctrica. Una fotocelda convierte luz en electricidad, como lo hace la retina. Un micrófono transforma el sonido en señales eléctricas, como nuestra cóclea. Incluso se han desarrollado implantes cocleares que permiten a personas con sordera recuperar parte de su audición al estimular el nervio auditivo.

Sensores como los fotodiodos, micrófonos, cámaras infrarrojas, detectores de presión o acelerómetros están presentes en casi todo lo que usamos. Están en teléfonos celulares, automóviles, refrigeradores, equipos médicos, sistemas de vigilancia y robots; sin embargo, muchos de estos dispositivos no fusionan los diversos sensores, como lo hacen las neuronas multisensoriales.

En proyectos de autos de conducción autónoma, se empieza a utilizar la fusión de multi sensores para captar distintos tipos de energía, como radares, cámaras, sensores ultrasónicos, GPS e incluso sistemas LIDAR, que usan luz láser para construir mapas del entorno. Una marca china acaba de presentar en marzo un auto eléctrico que lanza un dron autónomo desde un compartimento en su techo para ampliar el campo de detección sensorial visual del vehículo en movimiento.

Es curioso que los dispositivos que fabricamos posean sensores que también imitan la lógica de conversión de diferentes energías en energía eléctrica. Una fotocelda convierte luz en electricidad, como lo hace la retina. Un micrófono transforma el sonido en señales eléctricas, como nuestra cóclea. Incluso se han desarrollado implantes cocleares que permiten a personas con sordera recuperar parte de su audición al estimular el nervio auditivo.

El gran reto de estas tecnologías es lograr que la información de múltiples sensores se combine de manera similar a como lo hace el cerebro humano, uniendo señales de distintas fuentes para construir una percepción coherente del entorno. Es seguro que en este y en los próximos años veremos avances sorprendentes en la fusión simultánea de multi sensores con inteligencia artificial en una gama amplia de dispositivos y en los autos eléctricos.

Para cerrar, vale la pena recordar el inicio y el final del célebre poema "Árbol Adentro" de Octavio Paz [7] [8], que refleja con belleza lo que este texto ha intentado mostrar desde la ciencia:

"Creció en mi frente un árbol.
Creció hacia dentro.
Sus raíces son venas,
nervios sus ramas,
sus confusos follajes pensamientos.

...

Allá adentro, en mi frente,
el árbol habla.

Acércate, ¿lo oyes?" (Octavio Paz)

Vemos que tanto el cerebro como el auto inteligente intentan responder la misma pregunta: ¿cómo la electricidad interna nos dice qué está pasando allá afuera? Uno lo hace con poesía y neuronas de millones de años de evolución; el otro, con sensores, cables y algoritmos que lo imitan a tías, con inteligencia artificial.

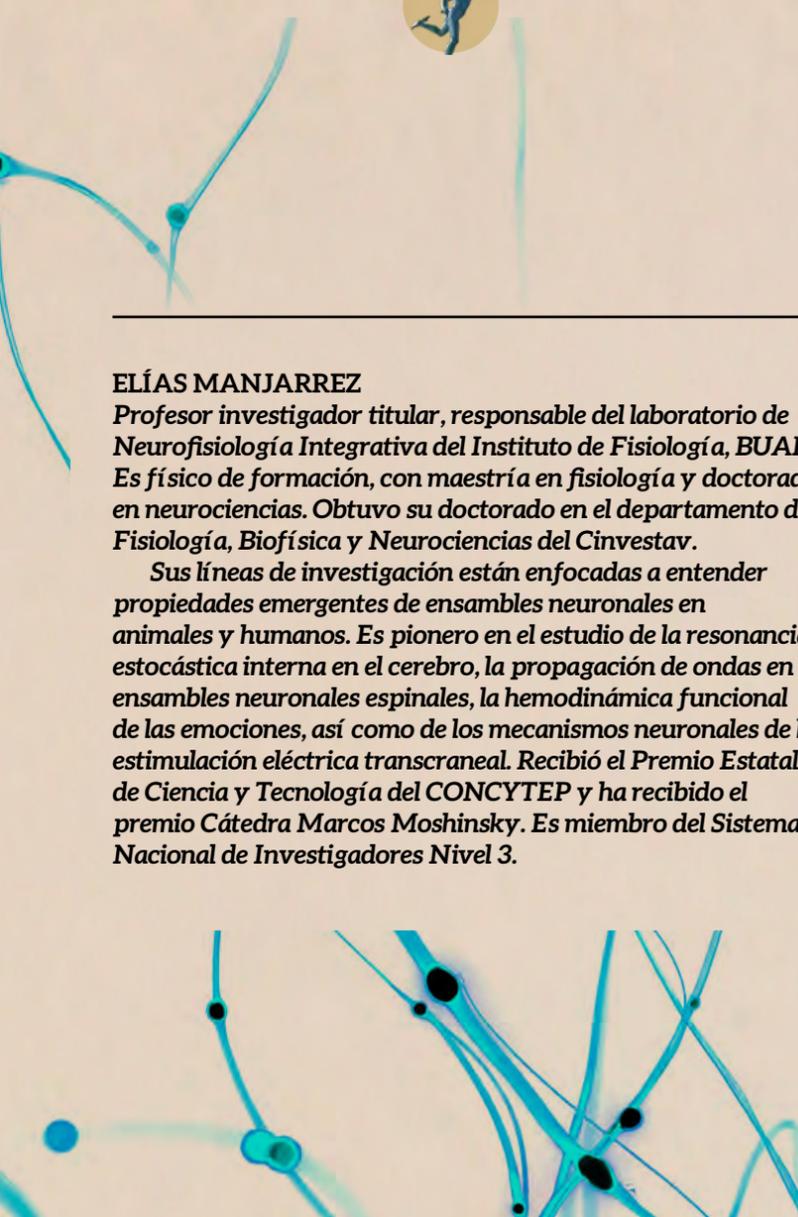
Así pues, mientras la neurociencia sigue preguntándose cómo una chispa eléctrica se vuelve una sensación consciente, y los poetas nos hacen sentir la realidad sin tener que explicarla, nuestros dispositivos aprenden a ver, escuchar y reaccionar. Quizá, en ese cruce entre circuitos y neuronas que hablan un mismo lenguaje eléctrico, descubramos no solo cómo sentimos y pensamos, sino también cómo podríamos hacerlo mejor.



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 ensamblajes neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensamblajes neuronales espinales, la hemodinámica funcional de las emociones, así como de los mecanismos neuronales de la estimulación eléctrica transcranial. 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.





REFERENCIAS:

- [1] Penfield W., Boldrey E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 60 389–443.
- [2] Hiremath, S. V., Tyler-Kabara, E. C., Wheeler, J. J., Moran, D. W., Gaunt, R. A., Collinger, J. L., Folds, S. T., Weber, D. J., Chen, W., Boninger, M. L., & Wang, W. (2017). Human perception of electrical stimulation on the surface of somatosensory cortex. *PloS one*, 12(5), e0176020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176020>
- [3] Hong, Y., Ryun, S., & Chung, C. K. (2024). Evoking artificial speech perception through invasive brain stimulation for brain-computer interfaces: current challenges and future perspectives. *Frontiers in neuroscience*, 18, 1428256. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1428256>
- [4] Gao, Y., Xue, K., Odegaard, B., & Rahnev, D. (2025). Automatic multisensory integration follows subjective confidence rather than objective performance. *Communications psychology*, 3(1), 38. <https://doi.org/10.1038/s44271-025-00221-w>
- [5] Quian Quiroga, R., Kraskov, A., Koch, C., & Fried, I. (2009). Explicit encoding of multimodal percepts by single neurons in the human brain. *Current Biology : CB*, 19(15), 1308–1313. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.06.060>
- [6] Mackay, S., Reber, T. P., Bausch, M., Boström, J., Elger, C. E., & Mormann, F. (2024). Concept and location neurons in the human brain provide the 'what' and 'where' in memory formation. *Nature communications*, 15(1), 7926. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52295-5>
- [7] https://miralibro.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/pp116_17_octavio_paz_27.pdf
- [8] Octavio Paz, *Árbol adentro*, México, Seix Barral, 1987.

ROSALÍA PONTEVEDRA

Este sitio, famoso porque aquí se trazó en 1885 la primera línea meridional donde se encuentran el Este y Oeste del globo terráqueo, fue construido por el famoso arquitecto, Christopher Wren. Desde entonces, se estableció como la línea de referencia para las coordenadas longitudinales, es decir, todas las longitudes terrestres tienen este punto como referencia.

Así, el observatorio fue fundado en 1675 con el propósito de evitar los extravíos y naufragios de la armada inglesa, tanto en su aspecto militar como comercial. Y desde entonces las mujeres desempeñaron un papel clave en el desarrollo de la astronomía y la navegación marítima, la primera de ellas, Margaret Flamsteed, esposa del primer astrónomo que dirigió el lugar, John Flamsteed. Luego del deceso de él, Margaret dedicó sus esfuerzos a completar y publicar su *Historia Coelestis Britannica*, 1725, y cuatro años después, un *Atlas Coelestis*.

No debemos olvidar a Margaret Bryan, quien en las últimas décadas del siglo XVIII se dedicó a enseñar filosofía natural, incluyendo astronomía, a niñas y jóvenes mujeres de internados en Margate, Blackheath y Chelsea, en el Reino Unido.

Mujeres en el Observatorio de Greenwich

Entre 1890 y 1895, cinco mujeres fueron contratadas por primera vez como profesionistas. Tanto Isabella Jane Clemes, Alice Everett, Harriet Maud Furniss, Edith Mary Rix y Annie Russell eran entusiastas miembros de la Sociedad Británica Astronómica, aunque solo esta última se convirtió en fellow de la Real Sociedad de Astronomía. Gracias a su gestión, dicha institución reconoció el derecho de toda mujer a ingresar, cosa que sucedió en 1916. La señorita Clemes abandonó esta labor poco tiempo después, cuyo sitio fue ocupado por Russell.

En 1888, el recientemente nombrado astrónomo real, William Christie, se dio cuenta de que los nuevos telescopios y la expansión del observatorio requerían a mediano plazo de más personal especializado. Resultaba apremiante encontrar personas capaces de realizar cálculos ciertamente complejos y supervisar de manera impecable semejante labor.

LAS DAMAS del tiempo





Durante la primavera de 1890 inició la instalación de un telescopio astrográfico. Entonces Christie decidió confiar en las chicas calculadoras, todas ellas provenientes del Colegio Universitario para Damas de Cambridge, precisamente de Girton y Newnham, los primeros colegios en admitir mujeres estudiantes, casi 600 años después de la fundación de la Universidad. Otra notable investigadora fue Alice Everett, quien ingresó al observatorio en 1890, permaneció cinco años colaborando en la Carte du Ciel, y luego se mudó al observatorio de Postdam, el más importante de ese entonces.

La labor sistemática y paciente de Ruth Belville durante 48 años no puede pasarse por alto. Su tarea no fue la de una astrónoma, sino la de una vendedora del tiempo. A largo de ese periodo Ruth iba a Greenwich equipada con un cronómetro de bolsillo del siglo XVIII, lo ajusta-

ba con respecto de la hora ahí y emprendía el regreso a Londres, donde visitaba a unos 40 clientes que requerían saber con precisión la hora. Se ganó de esa manera el mote de La dama del tiempo de Greenwich.

De hecho, no fue sino hasta 1923 cuando decidieron que las mujeres eran dignas de un título universitario, pero, aun así, tuvieron que pasar 25 años más a fin de ser admitidas formalmente y obtener su grado de la misma manera que los hombres. Esto no fue obstáculo para que se reconociera el valor de las mujeres que realizaban los cálculos astronómicos. En junio de 1880, Charlotte Scott causó sensación al superar a casi todos los 102 varones que habían tomado un examen nacional de matemáticas. Antes de 1881, apenas una docena de mujeres se habían presentado a este sesudo examen; de ellas, solo tres provenían de Newnham.





Otras mujeres abriendo ventanas al cielo

En 1663, la joven polaca Catherina Elisabetha Koopman desposó al astrónomo Johannes Hevelius, quien en Gdansk le dio acceso al observatorio conocido como Stellaburgum. Juntos elaboraron un catálogo de estrellas en el que trabajaron durante décadas, *Catalogus Stellarum Fixarum*, en el que se incluye la posición de 1564 objetos estelares.

A principios de 1774, Caroline Lucretia Herschel llevó a cabo una crucial labor junto con su hermano, William. Catalogaron miles de cúmulos de estrellas y nebulosas hasta ese momento desconocidas. Por su cuenta Caroline descubrió ocho cometas, así como la galaxia NGC205, si bien su trabajo más importante fue el Catálogo de Mil Nuevas Nebulosas y Cúmulos Estelares, llevada a cabo con su hermano y publicado en 1786, aunque no se le da crédito. Fue enriquecida en 1789, añadiendo mil es-

trellas más, y otras 500 en 1802. Tampoco se reconoció entonces su trabajo. Fue hasta 1828 cuando la Sociedad Astronómica Real reconoció su obra, luego de haber colaborado con su sobrino, John Herschel, en la expansión del catálogo, al agregar más de 5000 objetos. Por ello le fue concedida la Medalla de Oro. En 1835 fue elegida como miembro honorario de la sociedad, pues todavía en esa época no se permitía el ingreso formal de mujeres.

En 1835, Mary Fairfax Somerville también fue elegida como miembro honorario de dicha sociedad. Se distinguió por haber llevado a cabo su investigación de manera independiente. Su artículo de 1826, *Propiedades magnéticas de los rayos violeta del espectro solar*, fue el primero escrito por una mujer publicado en *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Luego se dedicó a escribir algunos libros de divulgación, entre ellos *The Mechanism of the Heavens*, de 1831.



En 1893, Dorothea Klumpke obtuvo un doctorado en astronomía matemática por la Universidad de París con un estudio acerca de los anillos de Saturno, convirtiéndose así en la primera mujer en obtener tal grado. Más tarde se convirtió en la primera directora de la Oficina de Medidas en el Observatorio de París. Allí dirigió el proyecto estelar fotográfico denominado Carte du Ciel.

Margaret Lindsay Huggins realizó aportaciones notables a fines de la década de 1870 sobre nebulosas y el conocimiento de planetas de nuestro sistema solar junto a su marido, al igual que Mary Proctor ayudó a su padre a popularizar la ciencia astronómica entre los niños ya en el siglo XX. Asimismo, Mary Evershed colaboró con su esposo, quien dirigió el Observatorio de Kodaikanal en India. Como autora publicó en 1913 un artículo en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, en el que reporta sus observaciones sobre las protuberancias solares.

Anne Sheepshanks no llevó a cabo ninguna investigación, pero donó importantes sumas de dinero a la Universidad de Cambridge a fin de impulsar la investigación en esta materia. Agnes Mary Clerke es considerada la sucesora de Mary Fairfax Somerville como divulgadora e historiadora de la ciencia astronómica.

Williamina Fleming, Annie Jump Cannon, Antonia Maury, Anna Palmer Draper, Henrietta Swan Leavitt, Anna Winlock, Selina Cranch Bond, Adelaide Ames y Margaret Harwood formaron parte de este invaluable grupo de damas del tiempo y las estrellas.



ROSALÍA PONTEVEDRA
Escritora de ciencia, radica en Madrid.



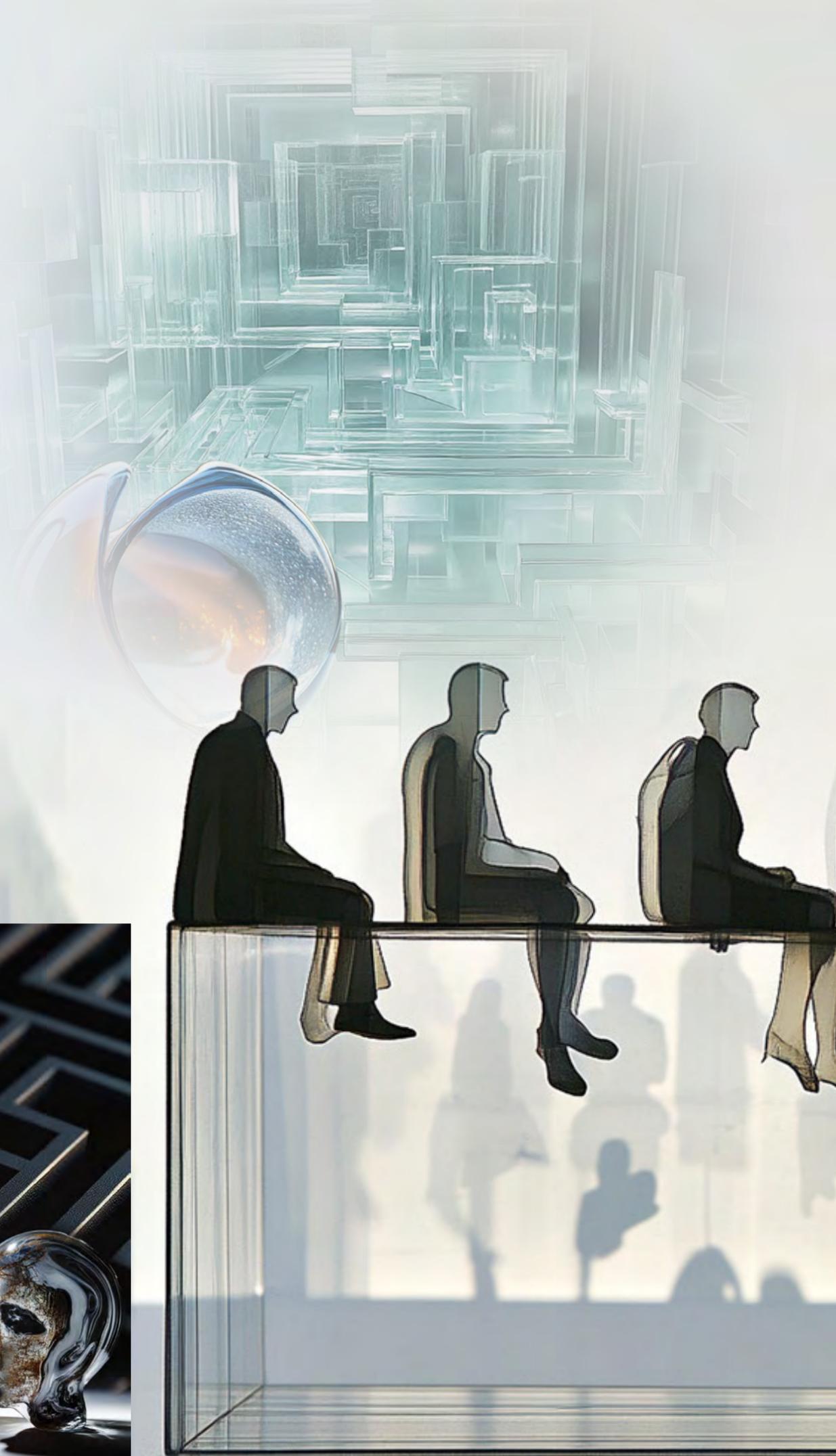
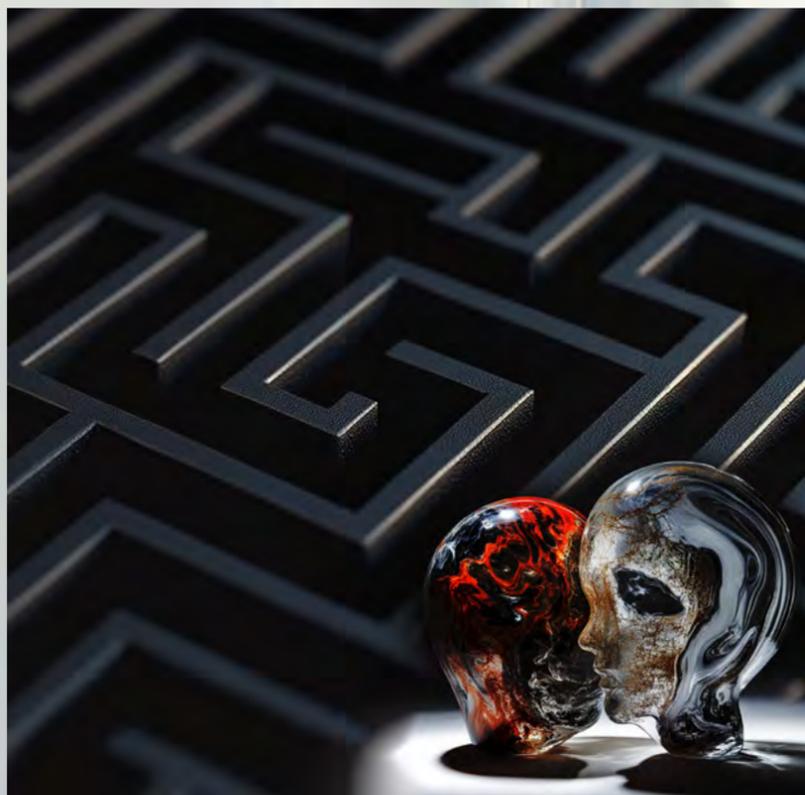
EL LABERINTO DE LA VERDAD

ULISES CORTÉS

*Se miente más de la cuenta
por falta de fantasía:
también la verdad se inventa*
M. Machado

¿Alguna vez le han preguntado o se ha preguntado: *¿Cómo sabe eso? ¿Es cierto?* Una pregunta semejante es: *¿Qué es la verdad?* Que es una pregunta estrictamente filosófica, y muchos pueden pensar que es una invitación a la mera retórica. Sin embargo, la *verdad* importa, en particular en la sociedad de la *posverdad*¹, en la que se toleran las mentiras y sus variantes en diversas intensidades –descontextualizaciones, omisiones intencionadas, insinuaciones, insinuaciones y paparruchas–, y se ignoran los hechos o no se cotejan de forma efectiva.

Hoy estamos expuestos de forma continua a una lluvia perenne de noticias falsas o declaraciones no contrastadas emitidas por el deseo de ser los primeros y una insana necesidad de compartir información de forma instantánea. A diario se reciben en nuestros dispositivos electrónicos, en cantidades que dependen en los hábitos de búsqueda de cada usuario, notificaciones de las redes sociales con contenidos más que dudosos y sin validar.

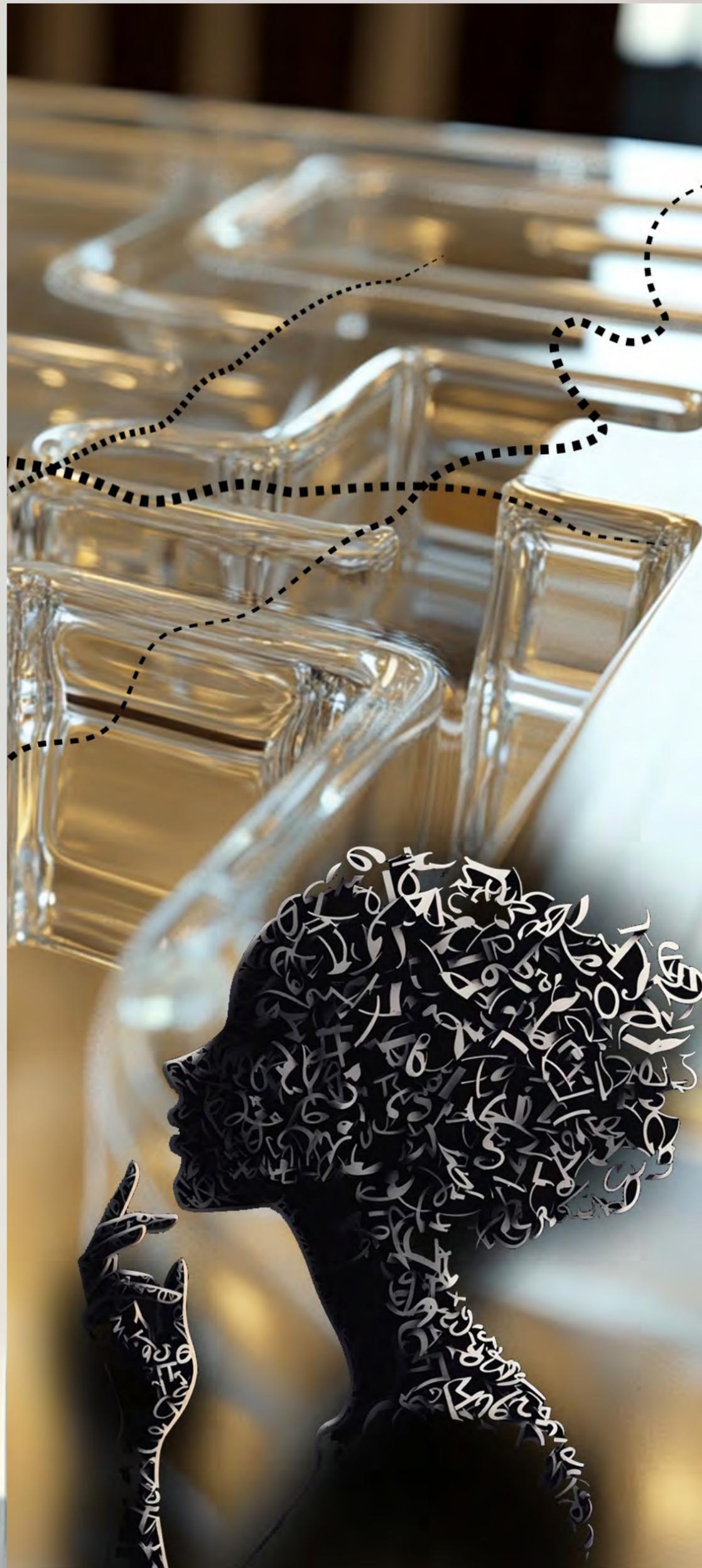


Cuanto más se avanza hacia una sociedad *conectada*, más importante será comprender lo que es *verdad* y, también, lo que la *verdad* es. Si nuestra intención es la de entender por qué importa la *verdad*, primero debemos entender qué es.

La *verdad*, en su versión más elemental, es un concepto abstracto que expresa la cualidad de lo que consideramos verdadero o exacto. La *verdad*, lejos de ser una noción simple y transparente, se asemeja a un laberinto, como sugiere Octavio Paz en su exploración de la soledad y la identidad. No es una línea recta hacia una certeza absoluta, sino un entramado de pasadizos, máscaras y espejos en el que cada afirmación, creencia o hecho debe ser descifrado y desenmascarado.

Muchas veces, la *verdad* se utiliza para describir declaraciones, creencias o hechos que se basan en la realidad y se puede demostrar que son ciertos mediante evidencia o verificación. En contextos filosóficos y científicos, la *verdad*, a menudo, se considera objetiva e independiente de creencias o perspectivas personales y, siempre, en construcción, y que cambia a medida que nuestro conocimiento sobre el mundo aumenta. En otras palabras, un hecho se considera *verdadero* si se corresponde con la realidad objetiva, independientemente de si un individuo lo cree o no.

La verdad, lejos de ser una noción simple y transparente, se asemeja a un laberinto, como sugiere Octavio Paz en su exploración de la soledad y la identidad. No es una línea recta hacia una certeza absoluta, sino un entramado de pasadizos, máscaras y espejos en el que cada afirmación, creencia o hecho debe ser descifrado y desenmascarado.





A pesar de las más terribles predicciones de los futuristas, las aplicaciones basadas en la Inteligencia Artificial no se apoderarán del mundo. Las historias y las películas nos han enseñado durante años a pensar en la inteligencia artificial como una caja negra con capacidades cognitivas infalibles. Como ejemplos de estas máquinas tenemos HAL-9000 y la computadora Enterprise de Star Trek. La verdadera amenaza de esta situación es mucho más insidiosa: el auge de una variedad de tecnologías basadas en la Inteligencia Artificial presagia la erosión de la verdad y los hechos.

Las aplicaciones basadas en la inteligencia artificial generativa, en particular, destaca por su capacidad para crear información falsa que resulta difícil de distinguir de la realidad, facilitando la proliferación de fuentes de desinformación. Esto ya está ocurriendo; de hecho, se está acelerando en todos los canales informativos disponibles. Como ejemplo sangrante véase las campañas políticas en X y, qué paradoja, en TRUTH, el vehículo oficial del presidente Trump.

Estas redes sociales son un reflejo de los cambios políticos, sociales y tecnológicos en curso que impactan la forma en que se percibe y comunica la verdad, y subrayan la necesidad de una reflexión crítica y una gobernanza responsable del desarrollo tecnológico.

Las aplicaciones basadas en la inteligencia artificial generativa, en particular, destaca por su capacidad para crear información falsa que resulta difícil de distinguir de la realidad, facilitando la proliferación de fuentes de desinformación. Esto ya está ocurriendo; de hecho, se está acelerando en todos los canales informativos disponibles. Como ejemplo sangrante véase las campañas políticas en X y, qué paradoja, en TRUTH, el vehículo oficial del presidente Trump.

Qué respuestas buscamos cuando nos preguntamos sobre la necesidad de entender la *verdad* y cómo preservarla para evitar daños de largo alcance en una sociedad instalada en la *posverdad* respecto de diversos aspectos de la vida pública, incluida la búsqueda misma de la verdad, los procesos democráticos –como la decadencia de las normas políticas y sociales– y las normas sociales.

El uso de los sistemas basados en la IA ofrece muchos beneficios, también plantea desafíos en términos de la fabricación y manipulación de información. Abordar estos desafíos requiere una combinación de pensamiento crítico, la alfabetización mediática y el desarrollo de herramientas para identificar y mitigar la propagación de desinformación.

La verdad, lejos de haber muerto, sigue viva y, cuando la encontramos, resplandece. Las falsedades, en cambio, se propagan como un virus: esparcen su simiente y echan raíces que son difíciles de arrancar, más en estos tiempos sembrados de bulos interesados que no sabemos –o no queremos– detener. Ni las plataformas digitales y ni los partidos políticos están interesados en ponerles freno.

Ante este panorama, es justo preguntarse si tiene futuro y a quién le conviene cultivarla defendiendo su valor y su papel en la configuración de una sociedad que viva en una democracia saludable. Aun si la verdad hubiese sucumbido a manos de la prisa y la cacofonía de las redes sociales, seguiría siendo, como la lámpara de Diógenes, una luz que nos iluminaría para distinguir, entre la multitud, a las personas íntegras.



ULISES CORTÉS

Catedrático de Inteligencia Artificial de la Universitat Politècnica de Catalunya. Coordinador Científico del grupo High-Performance Artificial Intelligence del Barcelona Supercomputing Center. Miembro del Observatori d'Ètica en Intel·ligència Artificial de Catalunya y del Comitè d'Ètica de la Universitat Politècnica de Catalunya. Es miembro del comité ejecutivo de Eur AI. Participante como experto de México en el grupo de trabajo Data Governance de la Alianza Global para la Inteligencia Artificial (GPAI). Doctor Honoris Causa por la Universitat de Girona.

1 El término *posverdad* se refiere a un fenómeno contemporáneo caracterizado por disputas sobre las afirmaciones públicas de verdad y una cultura política en la que los hechos se consideran irrelevantes. Es un término que refleja preocupaciones sobre la desconexión entre la opinión pública, las narrativas de los medios y las políticas, así como la posible erosión de la distinción entre verdad y falsedad en el discurso político.



EL CEREBRO CRIMINAL

MARIO DE LA PIEDRA WALTER

*Cada uno creía ser el único poseedor de la verdad
y miraban con piadoso desdén a sus semejantes.
Fiódor Dostoievski, Crimen y castigo*

El calor de agosto inunda el campus de la Universidad de Texas. Es un mediodía de 1966 y los alumnos esperan ansiosos la campana que indica el cambio de clases. Al toque, los estudiantes -con sus pantalones de campana y minifaldas- cruzan Guadalupe Street bajo la sombra del edificio principal del campus. La torre del reloj, que se alza casi setenta metros, marca las 11:48 de la mañana.

Charlie Whitman, de veinticinco años, mira a los pasantes desde la terraza de observación de la torre. Conoce bien la Universidad, después de servir dieciocho meses en el cuerpo de Marines de los Estados Unidos, donde recibió una insignia como francotirador experto. Se matriculó en la carrera de ingeniería mecánica en 1961. Sin embargo, la Marina estadounidense le retiró la beca después del tercer semestre y lo instó a terminar sus cinco años de alistamiento en un campamento en Carolina del Norte. En 1964 fue dado de baja con honores del cuerpo de Marines y regresó a Texas.

Un día antes de dirigirse hacia el campus de la Universidad y subir a la torre, Whitman escribió a máquina:

No entiendo muy bien qué es lo que me impulsa a escribir esta carta. Tal vez sea para dejar alguna vaga razón de mis acciones. No me entiendo muy bien a mí mismo estos días. Se supone que soy un joven medianamente razonable e inteligente. Sin embargo, últimamente (no recuerdo cuándo empezó) he sido víctima de muchos pensamientos inusuales e irracionales...Después de mi muerte desearía que me hicieran una autopsia para ver si hay algún trastorno físico visible. He tenido dolores de cabeza tremendos...

Desde la torre del reloj la Universidad, Whitman disparó a los pasantes con una carabina semiautomática M1 (arma estándar del ejército estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial) y un rifle Remington 700 tipo Sniper durante noventa y seis minutos hasta ser abatido por la policía de Austin. Whitman asesinó a quince personas e hirió a treinta y uno, en lo que se considera el primer tiroteo masivo en los Estados Unidos. La noche anterior, Whitman clavó un cuchillo en el corazón de su madre.

En una nota junto al cuerpo se lee:

Acabo de quitarle la vida a mi madre. Estoy muy decepcionado por haberlo hecho. Lo siento de verdad. Que no les quepa duda de que amaba a esta mujer con todo mi corazón.





La amígdala, del griego 'amygdalea' que significa almendra, es una estructura pequeña que se asocia con la regulación de las emociones. En situaciones de estrés, miedo o agresión, incrementa su actividad. El caso de Whitman fue el primer indicio de que procesos biológicos, como un tumor cerebral, pueden afectar nuestro comportamiento de manera drástica.

En la casa de Whitman, su esposa yace inerte sobre la cama con cinco puñaladas en el pecho. Escrito a mano, bajo la nota a máquina, se lee en tinta negra:

He matado brutalmente a mis seres queridos. Si mi póliza de seguro es válida [...] donen el resto a una fundación de salud mental. Tal vez se puedan prevenir más tragedias de este tipo.

La autopsia de Whitman reveló al día siguiente un tumor cerebral (glioblastoma) entre el tálamo y el hipotálamo. Una comisión compuesta por neurocirujanos, psiquiatras, patólogos y psicólogos se abstuvieron de relacionar el tumor con el comportamiento de Whitman, pues la neuropsicología era una rama en nacimiento y no se aplicaba a las conductas delictivas. Investigadores contemporáneos argumentan que, por la localización del tumor, es posible que comprimiera y estimulara la amígdala cerebral, causando cambios en su comportamiento.

La amígdala, del griego 'amygdalea' que significa almendra, es una estructura pequeña que se asocia con la regulación de las emociones. En situaciones de estrés, miedo o agresión, incrementa su actividad. El caso de Whitman fue el primer indicio de que procesos biológicos, como un tumor cerebral, pueden afectar nuestro comportamiento de manera drástica.

Varios estudios señalan que lesiones cerebrales, así como trastornos mentales y abuso de sustancias, son más comunes en la población penitenciaria que en la población general. Un estudio del 2015 evidenció, por ejemplo, que un daño cerebral en edad temprana es un factor de riesgo para cometer un crimen en la edad adulta. Sin embargo, es difícil establecer con precisión el tipo de lesión.

Por ejemplo, un daño en la región orbitofrontal y ventromedial del cerebro, localizada en los lóbulos frontales, puede traducirse en pérdida de la inhibición y la autorregulación, lo que resulta en problemas de impulsividad, falta de sensibilidad interpersonal y agresión reactiva.

En asesinos seriales se han encontrado alteraciones en la amígdala (control de emociones) y la corteza prefrontal (toma de decisiones e inhibición de impulsos). Modelos más complejos relacionan los déficits cognitivos, de autocontrol y aprendizaje a sus contextos sociales. Es innegable que los factores socioeconómicos y culturales son determinantes en las conductas criminales. Pobreza, mala alimentación, abuso durante la infancia, violencia doméstica y abandono son factores de riesgo importantes en la conducta delictiva.

Whitman, junto con sus hermanos y su madre, fue violentado por su padre desde pequeño. Recibió una educación autoritaria, plagada de castigos físicos y altas expectativas. Cuando tenía dieciocho años, su padre llegó ebrio a casa, lo golpeó y lo arrojó a la piscina, por lo que Whitman casi se ahoga. Inmersos en problemas económicos, la violencia intrafamiliar solo escaló con el pasar de los años. Meses antes del tiroteo, sus padres se separaron y Whitman se sintió responsable por su madre. Todo mientras sufría intensos dolores de cabeza, probablemente a causa del tumor cerebral, que acentuaban sus ataques de furia.

El modelo actual establece que un daño cerebral puede predisponer a conductas delictivas si el individuo sufre de estresores psicosociales. En el caso de asesinos seriales, un estudio determinó que hasta el 55% experimentó al menos un estresor durante la infancia. Otro estudio pudo establecer categorías según los rasgos de personalidad, factores biológicos y estresores psicosociales.

Es innegable que los factores socioeconómicos y culturales son determinantes en las conductas criminales. Pobreza, mala alimentación, abuso durante la infancia, violencia doméstica y abandono son factores de riesgo importantes en la conducta delictiva.



Por ejemplo, los asesinos desorganizados suelen tener un coeficiente intelectual bajo, actúan impulsivamente sin ningún plan, son solitarios y carecen de remordimiento. Los asesinos seriales organizados poseen un coeficiente intelectual elevado, son metodológicos y suelen tener vínculos sociales y afectivos. Usualmente, previo a cometer el crimen, fantasean con la posibilidad de hacerlo. Whitman, en su primer y única sesión con un psiquiatra, confesó tener deseos incontrolables de matar a alguien y que a menudo fantaseaba con “subir la torre con un rifle de cacería y dispararles a las personas.”

En la superficie, los asesinatos de Whitman son desconcertantes por carecer de una motivación. Mucha gente no pudo explicarse cómo un joven inteligente, con estudios universitarios, con un matrimonio estable y aparentemente feliz, pudiera cometer un asesinato masivo.

A la luz de su pasado, sin embargo, se pueden rastrear todo tipo de estresores psicosociales que derivan en una conducta violenta. Sumado a una lesión cerebral que afectaba la regulación de sus emociones, de pronto sus acciones parecen tener una explicación. Sin justificar las conductas criminales, las neurociencias nos permiten comprenderlas con la esperanza de prevenirlas.

En un mundo que se vuelca hacia el autoritarismo, donde la justicia tiene precio y las cárceles –en muchos países manejadas como negocio por empresas privadas– se llenan de presuntos culpables; atender las causas del crimen debe ser prioridad. Para romper el círculo de violencia hay que entenderlo primero.

La psicología forense surgió a finales del siglo XIX para dilucidar el comportamiento de los criminales. El caso de Whitman, sin embargo, abrió una nueva rama del conocimiento que contempla las bases neurobiológicas de la conducta, desde los factores genéticos hasta los sociales, que hoy se conoce como neurocriminología.

Bajo esta perspectiva, el comportamiento criminal se convierte en un problema de salud pública. Con nuevos conocimientos surgen nuevas preguntas. Aún no es claro cómo estos conocimientos pueden aplicarse justamente en casos legales ni cómo afectará las sentencias. Por primera vez, podemos predecir e incluso prevenir este tipo de conductas. Esperemos que sirva también para rehabilitarlas.



BIBLIOGRAFÍA

- Glenn A., Raine A. "Neurocriminology: implications for the punishment, prediction and prevention of criminal behaviour". *Neuroscience and Law. Nature Reviews*. 2014. Vol 15: 54-61.
- Aguir R. "Brain Injury and crime". *The British psychological society*. 2016. Disponible en internet: <https://www.bps.org.uk/psychologist/brain-injury-and-crime>.
- Sajeev G. "The Texas Tower Shooter: An Analysis of Charles Whitman". *Scholarly Review*. 2023. Núm. 5.

***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.

OTROS VIGILANTES NOCTURNOS

CARLOS CHIMAL

En la isla de La Palma, una de las siete que conforman el archipiélago canario, se encuentran el grupo de telescopios del norte de Europa. De algunos de ellos hablamos en el número 23 de este Mercurio Volante. Ahora echemos un vistazo al resto de ellos.

Parcialmente robotizado, el *Mercator*, de la Universidad de Lovaina, Bélgica, cuenta con un espejo primario de 1.2 m. Se llama así en recuerdo del cartógrafo flamenco, Gerardus Mercator. Un estudiante de posdoctorado guía mi visita y me dice que este telescopio se ha dedicado a estudiar la estructura interna de las estrellas mediante una secuela de la heliosismología, la asterosismología, así como su evolución química.

También el Instituto Italiano de Astrofísica mantiene aquí un Telescopio, *Galileo*, cuyo espejo primario mide 3.5 m de diámetro. Sus instrumentos de detección fueron sustituidos hace pocos años por nuevos, más poderosos y finos, y se dedica ahora a buscar planetas como el nuestro en otros sistemas solares.

Destaca el Gran Telescopio de Canarias (GTC), hasta ahora el óptico más grande del mundo, pues su espejo primario mide 10 m de diámetro. En su construcción y el diseño de diversos instrumentos han participado la UNAM, el IAC y la Universidad de Florida. En particular podemos mencionar el detector FRIDA, a cargo de los astrónomos y técnicos mexicanos de dicha universidad. Su rango de visión es el infrarrojo cercano y es capaz de producir imágenes muy finas al servirse de la óptica adaptativa, propia del GTC.

También vale la pena hablar de CanariCam, instrumento construido en la Universidad de Florida, el cual ha permitido atisbar la polarización producida por el gas y el polvo alrededor de un hoyo negro en el centro de nuestra galaxia. Un tercer instrumento es OSIRIS, diseñado y construido también en colaboración con la UNAM. Su director, el astrofísico del IAC, Jordi Cepa, nos explica su propósito:



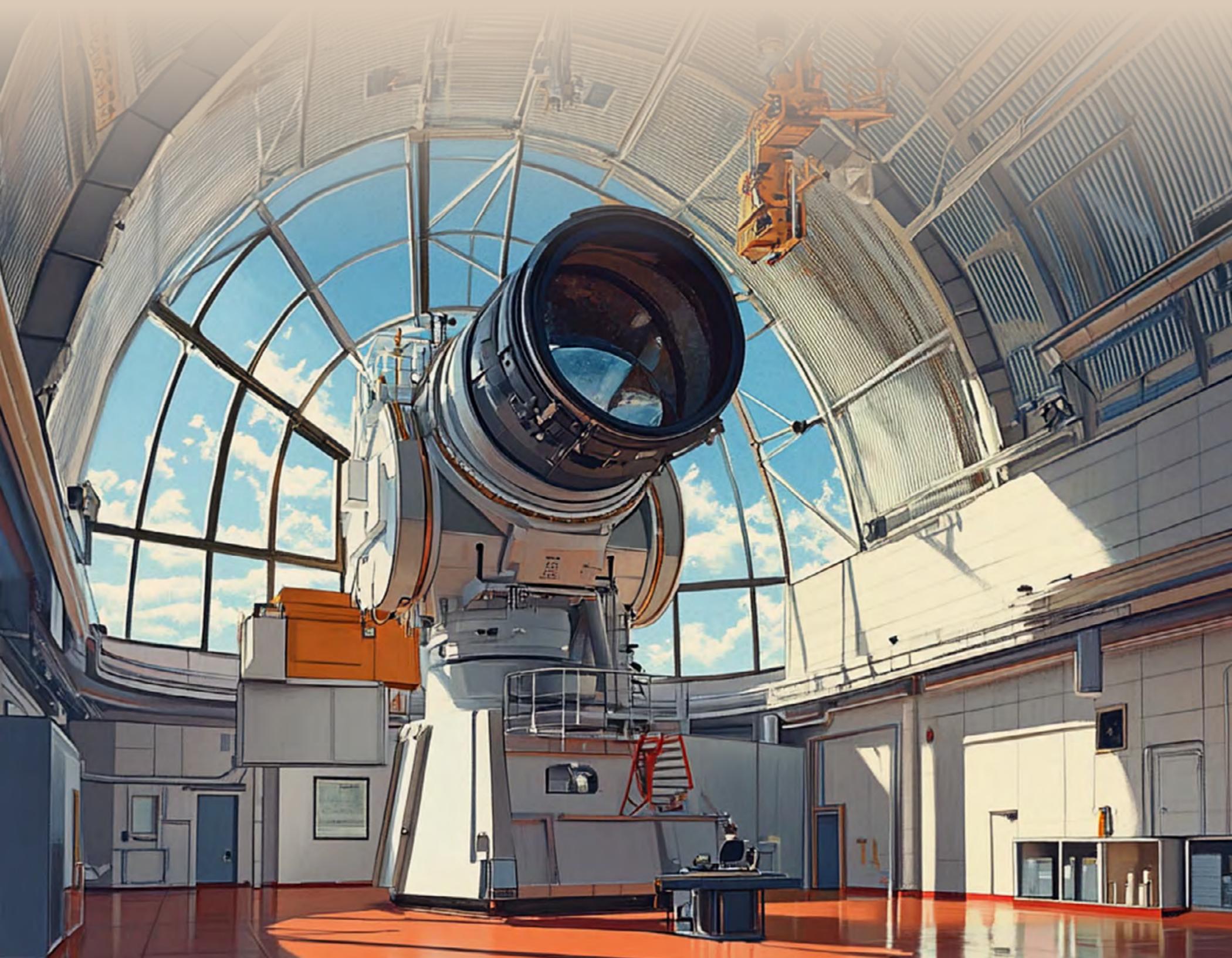
“Con un espejo primario de 10.4 metros, hubiera sido imperdonable no llevar a cabo investigación de fotometría en el rango de la luz visible. Y es un instrumento versátil, pues es capaz de hacer investigación en espectroscopía, pues cuenta con una serie de filtros, tanto en la banda del rojo como la del azul, que nos permiten ver con mayor claridad diversos objetos y fenómenos cósmicos”.

En este telescopio se han realizado muchos descubrimientos durante el último decenio. Algunos de los más recientes son varios sistemas con planetas con un tamaño equivalente tres veces el de la Tierra y estrellas masivas de neutrones, entre ellas el sol más distante jamás visto. Esto sucedió en 2011.

Antes de dejar este breve recorrido por el paisaje de los observatorios localizados en el Roque de los Muchachos, vale la pena mencionar MAGIC I y II (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov*), experimento patrocinado por Alemania y el más grande de su tipo en el mundo. Se trata de telescopios que captan rayos gamma de ultra alta energía, es decir, es un experimento de astrofísica de partículas en un entorno astronómico. Así, dos enormes antenas parabólicas octagonales, de 17 m de diámetro cada una, contienen espejos segmentados para adaptarse y evitar las aberraciones atmosféricas.



El objetivo es captar los destellos de dichos rayos cósmicos cuando ingresan en nuestra atmósfera. Pero son breves y fugaces. Por eso los telescopios están montados en una estructura tubular plástica, reforzada con fibra de carbono, muy ligera, de manera que pueden moverse con celeridad para colocarse en las coordenadas correctas cuando el satélite fuera de la Tierra envía una señal, alertando al equipo aquí, en La Palma, de que se acerca un chorro de rayos gamma. Las antenas pueden moverse hacia cualquier dirección del cielo en 40 segundos.





Pronto se les unirán nuevos telescopios de este tipo a fin de estudiar la evolución del Universo y ayudar en la comprensión de la materia oscura o la probable existencia de una gravedad cuántica. Enriquecerán nuestro conocimiento de lo inimaginable por pequeño y su conexión con lo inmensamente grande, es decir, el vínculo entre los fenómenos cuánticos y los sucesos galácticos. En la Sierra Negra de México, a 4,100 m sobre el nivel del mar, se localiza un telescopio similar, HAWC (*High Altitude Water Cherenkov*). Como su nombre lo indica, la trampa que se utiliza a fin de rastrear el paso de estos rayos es agua pura, pues son tan débiles y rápidos que casi no tienen interacción con la materia común. Por tanto, no se trata de antenas parabólicas sino de una treintena de tanques llenos del líquido, equipados con dispositivos tipo Cherenkov que detectan la lluvia de rayos cósmicos, almacenan la información y la envían a las computadoras para su posterior análisis.

No muy lejos se encuentra el GTM (Gran Telescopio Milimétrico), un radiotelescopio con una antena de 50 m, el más grande del mundo de su tipo. Forma parte del

proyecto EHT, destinado a captar una imagen directa de la sombra de un hoyo negro por primera vez.

Los astrofísicos cuentan ya con el LSST (Gran Telescopio de Rastreo), localizado en el Observatorio Vera C. Rubin, en la cima del Cerro Pachón de los andes chilenos. El diámetro de su espejo primario es de 8.4 m, suficiente para mirar muy profundo en el centro de nuestra galaxia, privilegio que tiene el hemisferio austral; proporcionará un mapa amplio, tridimensional, del Universo, ya que cuenta con una cámara, construida por investigadores franceses, cuya resolución es de 3,200 millones de píxeles y puede tomar fotografías cada 40 segundos. Se calcula que en los próximos diez años LSST acumulará datos que pesarán 500 Petabytes (500 mil billones de bytes), eso significa que habrá observado alrededor de 40 mil millones de cuerpos celestes.



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
IVÁN DEANCE
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: atención.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.