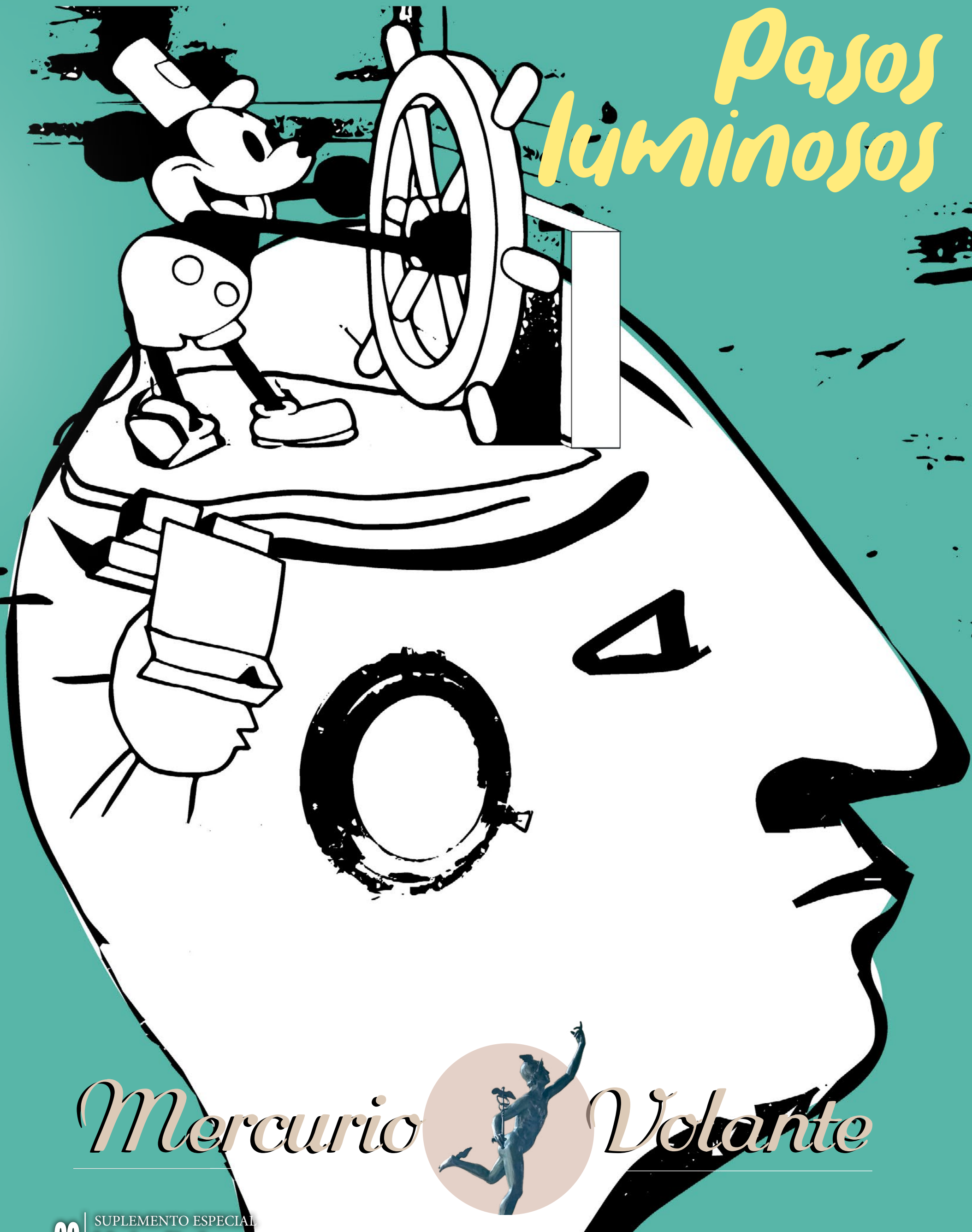
Pasos luminosos



Mercurio Volante

eROSITA,

el primer gran evento científico del año y la controvertida relación ruso–alemana ante la guerra

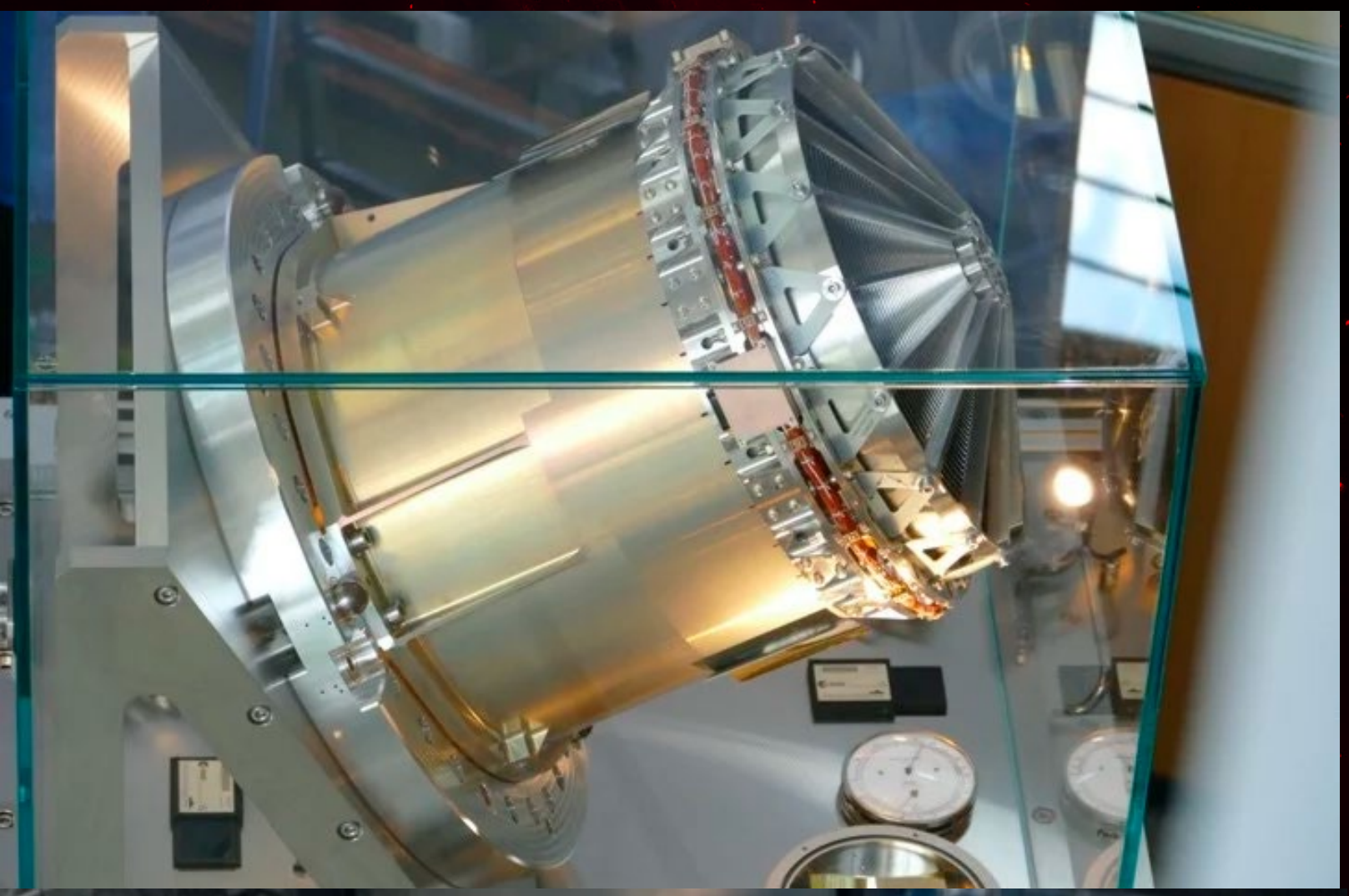
Gerardo Herrera Corral

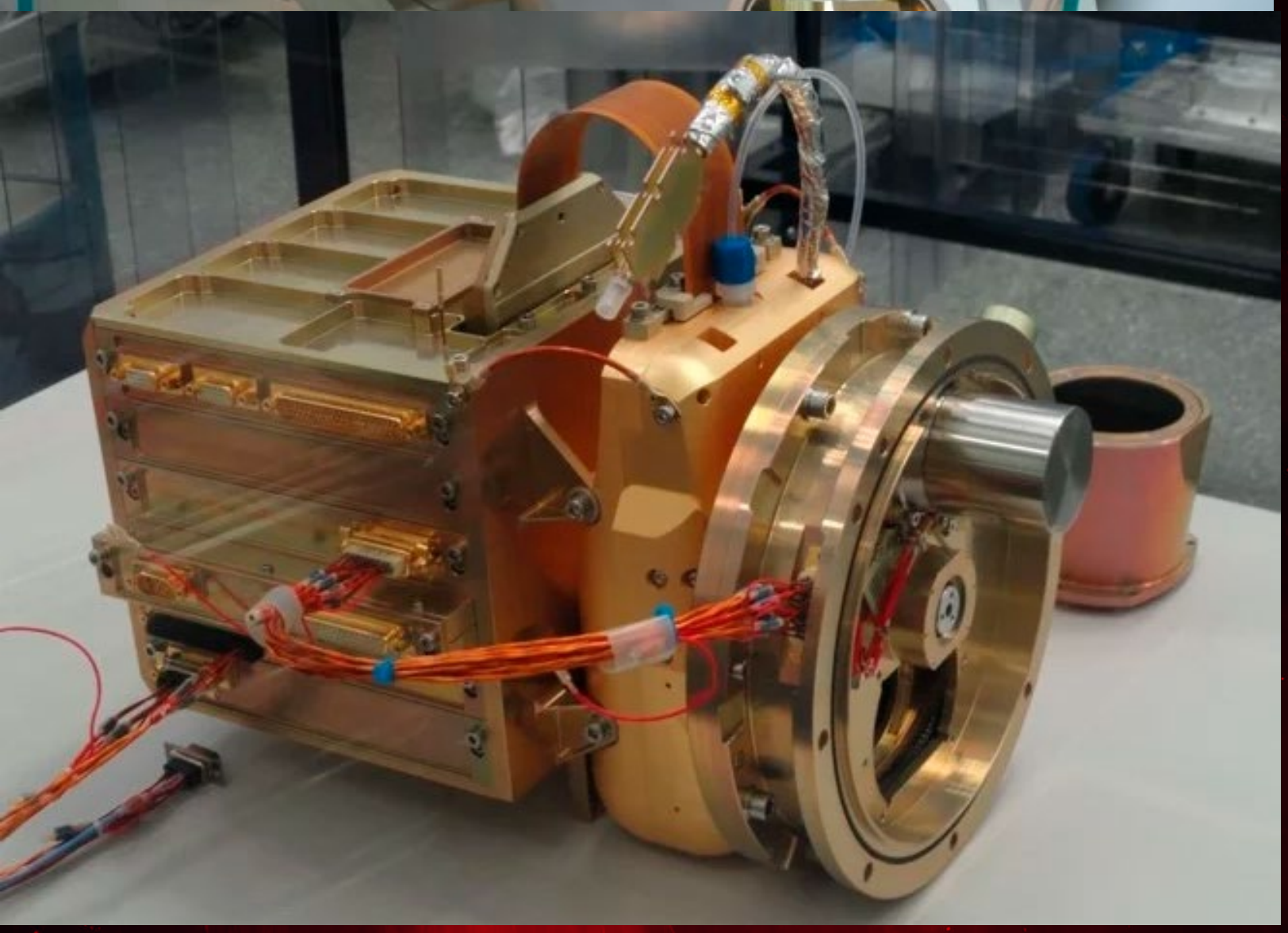
El 31 de enero de este 2024 el proyecto eRosita hará públicos los resultados del análisis de sus datos y observaciones en el sector del cielo sobre el que tiene derechos de propiedad, en un consorcio conflictivo con Rusia.

El telescopio satelital montado en la estación ruso–alemana, Spektr-RG, se encuentra en un impasse político después de que el 26 de febrero de 2022 el registro de imágenes fuera suspendido por el equipo alemán que intervino a fin de impedir la operación del telescopio. Todo esto en protesta por la invasión militar de Rusia a Ucrania dos días antes.

La colaboración funcionaba de maravilla. El Instituto Max Planck para Física Extraterrestre de Alemania construyó el telescopio eRosita, que luego sería lanzado por Roscomos, agencia espacial rusa que lo colocó en la base que ambos países comparten.

En 2012, la estructura de soporte del telescopio (equipada principalmente con módulos de espejos simulados y cámaras) estaba lista para una primera serie de pruebas. Aquí se ve una inspección preliminar. (MPE) FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery





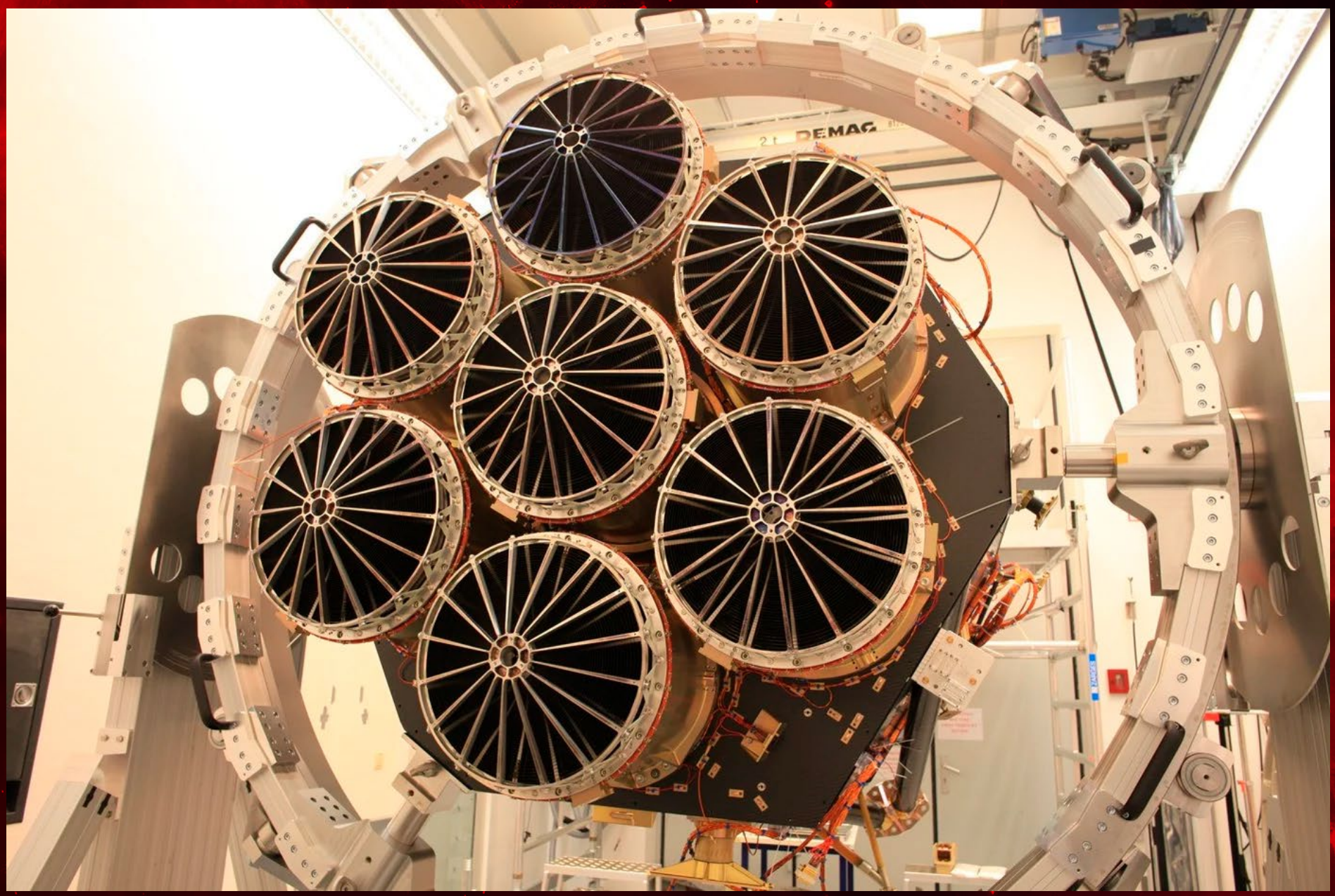
En el corazón del telescopio eRosita se encuentran siete módulos de espejos y siete cámaras pnCCD, que heredaron los desarrollos tecnológicos de XMM-Newton. Aquí se ve un módulo de espejo (fabricado en Media Lario en Italia) y un conjunto de cámara completo (MPE). FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

Los especialistas se dividieron el cielo y se propusieron rastrear áreas del firmamento por lo menos ocho veces durante 7 años para observar cientos de miles de galaxias gracias a los rayos X que emiten.

El telescopio se encuentra más allá de la Luna, en el punto de Lagrange 2, donde también se localiza el telescopio James Web, a 1.5 millones de kilómetros de nuestro planeta. Pero ahora duerme "el sueño de los injustos" porque la desconexión proviene de una acción militar que el equipo de científicos considera inaceptable.

Tanto eRosita como el telescopio ruso ART-XC fueron transportados a la estación Spektr-RG en julio de 2019. Desde ahí obtendrían claves que permitieran contestar preguntas sobre la materia oscura, el pasado y futuro del universo, entre otras.

Desde que se puso en marcha el equipo de científicos ha publicado resultados de sectores del cielo estudiados, pero el gran evento, a finales de este enero, es considerado la primera entrega en que se harán del conocimiento público lo aprendido sobre galaxias, agujeros negros, cúmulos, y cosmología.

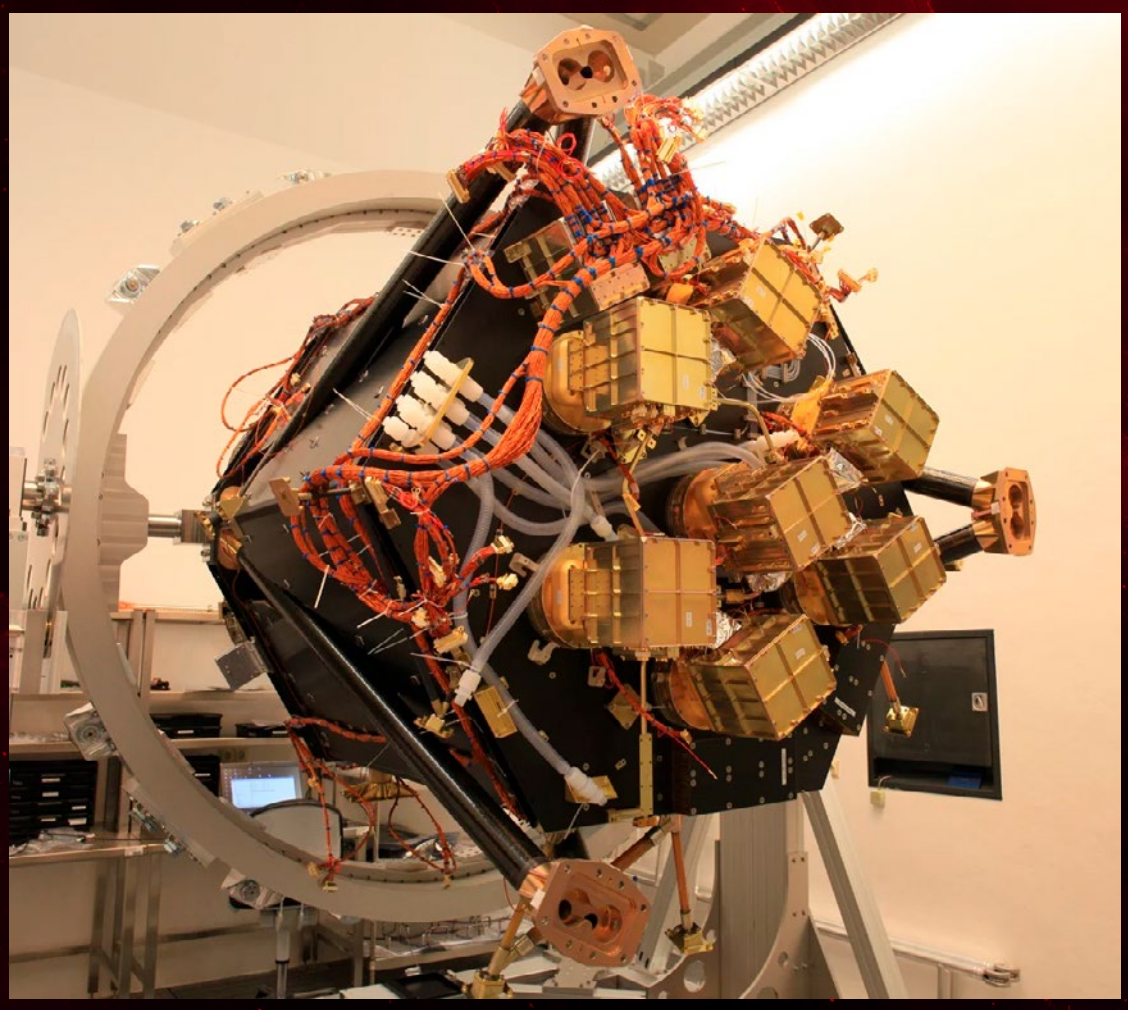


Antes del embalaje final del telescopio en su estructura de fibra de carbono (con tapa), se tomaron estas fotografías de los espejos y detectores completamente integrados. (Crédito: MPE) FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

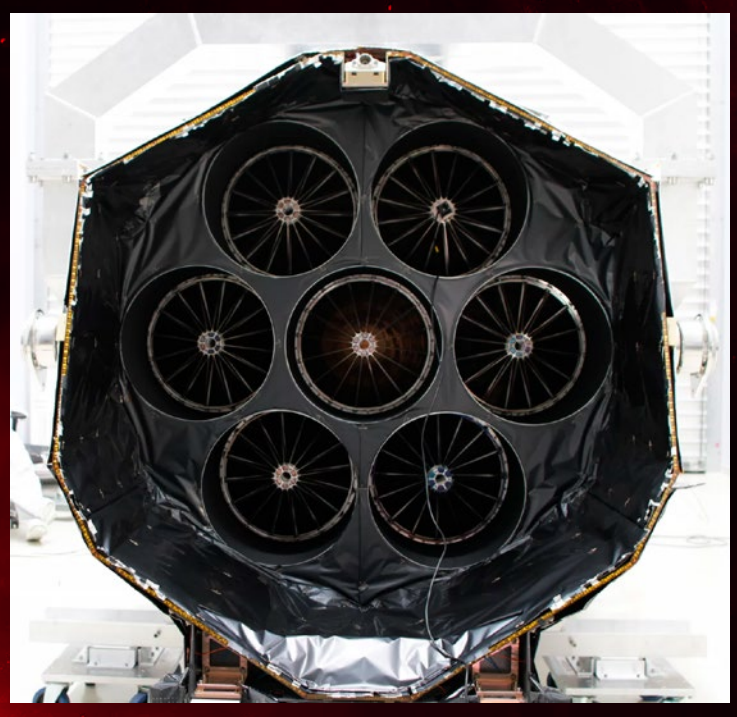
Ya antes eRosita anunció la observación de gas caliente alrededor de nuestra galaxia; dice que ve un plasma con un millón de grados emitiendo rayos X y forma un halo que cubre al disco de estrellas que conforma la Vía Láctea, el cual no podría ser visto en el espectro visible ni el infrarrojo.

En mayo del año pasado observó cambios en el cuásar más luminoso llamado J1144, que se encuentra a 9,6 millones de años de luz de nuestro planeta y que es 100 mil millones de veces más brillante que nuestro Sol. El análisis de los datos parece mostrar que la masa del agujero negro en el centro del cuásar es aproximadamente 10 mil millones de veces la masa del Sol y que la tasa de crecimiento es del orden de 100 masas solares por año.

Las variaciones en su luminosidad son de días y el cambio de intensidad en rayos X no es algo común. El cuásar J1140 ha llamado la atención por su brillo y cercanía a la Tierra, lo que ofrece una oportunidad de observación única.



Una imagen del plano focal de eRosita, con las 7 cajas electrónicas doradas, que operan las siete cámaras pnCCD. (Crédito: MPE). FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery



En diciembre de 2016 se volvió a IABG para la campaña final de pruebas de calificación espacial para eRosita. (Crédito MPE) FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

El equipo que trabaja con eRosita ha anunciado también el avistamiento de objetos muy lejanos. Tal es el caso del cuásar J0921, que parece tener acreción muy rápida. Esto es el objeto que emite rayos X más alejado de los que han sido observados.

Hace un año eRosita anunció estar observando señales de un agujero negro que cada 220 días emite rayos X con intensidad. La explicación que se ha dado al fenómeno regular es que el objeto masivo se cruza con la órbita de una estrella, tomando de ella grandes cantidades de materia con dicha regularidad; al precipitarse en el agujero negro emite rayos X que viajan por le espacio hasta llegar al telescopio.

Más aún, por primera vez en la historia de la astronomía se pudo ver, mediante rayos X y en directo, la explosión de una enana blanca. El azar ayudó un poco en este singular hallazgo. El evento no es predecible y dura tan solo unas horas, de manera que los instrumentos deben estar alineados en el momento justo, sin anuncio previo de que algo ocurrirá.

Por primera vez en la historia de la astronomía se pudo ver, mediante rayos X y en directo, la explosión de una enana blanca. El azar ayudó un poco en este singular hallazgo. El evento no es predecible y dura tan solo unas horas, de manera que los instrumentos deben estar alineados en el momento justo, sin anuncio previo de que algo ocurrirá.

Al igual que cirujanos altamente capacitados, se trabaja con herramientas de precisión en el "vientre" expuesto del telescopio eRosita. (Crédito MPE) FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

Uno de los descubrimientos de eRosita que más resonancia ha tenido es la presencia de una burbuja de gas en nuestra galaxia, que bien puede provenir de una explosión en el pasado. La gigantesca estructura tiene un diámetro de 50 mil años luz, es tan grande como la Vía Láctea misma y es simétrica con respecto a una contraparte en el hemisferio opuesto galáctico, de manera que el conjunto parece un reloj de arena.

En las dos imágenes anteriores, el transporte del cohete Proton a la plataforma de lanzamiento en Baikonur. Crédito: Roscosmos. FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

Esto ocurrió el 7 de julio de 2020, cuando el telescopio recibió radiación de una región del cielo que cuatro horas antes no presentaba actividad alguna. El fenómeno duró menos de ocho horas. Este tipo de explosiones ocurren en estrellas del tamaño de la nuestra cuando el combustible de hidrógeno y helio se ha terminado. Entonces colapsan formando lo que se llama enana blanca que puede llegar a tener el tamaño de la Tierra, pero con una masa comparable con la del Sol.

Uno de los descubrimientos de eRosita que más resonancia ha tenido es la presencia de una burbuja de gas en nuestra galaxia, que bien puede provenir de una explosión en el pasado. La gigantesca estructura tiene un diámetro de 50 mil años luz, es tan grande como la Vía Láctea misma y es simétrica con respecto a una contraparte en el hemisferio opuesto galáctico, de manera que el conjunto parece un reloj de arena.

13 de julio de 2019, 12:31 UTC. Crédito: Roscosmos. FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

Crédito: V. Burwitz FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

El equipo ruso ha intentado reactivar el telescopio contra la voluntad de los alemanes, poniendo en riesgo la instrumentación. Declaraciones altisonantes del encargado ruso de la misión dicen lo siguiente:

"Los que han decidido desactivar el telescopio no tienen el derecho moral de detener la investigación para la humanidad, solo porque sus opiniones profascistas sean cercanas a las de nuestros enemigos".

Hacia mediados del año 2020 eRosita había cubierto ya por primera vez el sector del cielo que le correspondía. El análisis de los datos coleccionados ha continuado. aun cuando las observaciones estén detenidas; más allá de la controversia hay expectativa de lo que estas radiografías del universo puedan decirnos.

*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).*

El equipo de eRosita en el Centro de Operaciones de Misión de NPOL en Khimki, cerca de Moscú, al final de las exitosas operaciones de lanzamiento. De izquierda a derecha: W. Kink, W. Bornemann, S. Müller, M. Fürmetz, D. Coutinho, J. Eder. FUENTE: https://www.mpe.mpg.de/7604815/gallery

Septuagésimo aniversario del CERN

Al terminar la Segunda Guerra Mundial notables físicos, incluso antagonistas durante dicha conflagración, se reunieron con objeto de dilucidar qué es lo que, razonablemente, el mundo, y en particular el lado occidental del continente europeo, debía de hacer con la energía atómica.

Así surgió el 29 de septiembre de 1954 el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), localizado entre la ciudad suiza de Ginebra y algunos pueblos franceses fronterizos. Se eligió la nación helvética por su postura neutral, como un primer símbolo de que Europa Occidental estaba decidida en promover un átomo para la paz.

Este complejo de laboratorios, así como Fermilab, también dedicado a explorar las altas energías, en las afueras de Chicago, y DESY (Deutsches Elektronen Synchroton), enclavado en la ciudad alemana de Hamburgo, son ejemplos de algo que no solo involucra un proyecto de investigación científica de gran envergadura, algo de por sí admirable, incluso apasionante para algunos, sino que su propósito conlleva un matiz filosófico, sin olvidar el fenómeno social, humano, que acontece aquí desde hace 70 años.

Tal es lo que atrae a lo largo del tiempo y hace regresar a Ginebra: observar cómo se negocian los intereses científicos, las posturas estéticas, políticas, los dilemas éticos; ver la manera entusiasta como algunos inician su experiencia extraordinaria en este sitio; enterarse de los que fueron absorbidos por la industria privada y de los que perseveraron en esta empresa de sabor ontológico.

Es, sin duda, valioso de igual manera atestiguar el encuentro, a veces ríspido, entre físicos teóricos y experimentales, entre éstos y los ingenieros que han construido y mantienen en funcionamiento tanto el Gran Colisionador de Hadrones como los diversos y complejos detectores. Ideas extremas confrontadas con la realidad escéptica.

Por fortuna, contamos con la pluma de uno de los protagonistas de esta ciencia sui géneris, Gerardo Herrera Corral, quien ya en números anteriores nos ha dado su punto de vista sobre asuntos diversos dada su experiencia como notable cazador de partículas. Asimismo, hemos publicado el testimonio de Arturo Fernández Téllez, quien ha guiado con rigor e inteligencia al grupo de la BUAP; y hemos incluido el de otros mexicanos que han pasado por el CERN.

A lo largo de este año nos uniremos al festejo, publicando testimonios, entrevistas, reflexiones de nuestros colaboradores, amigos y otros investigadores que son protagonistas de esta milenaria, ambiciosa, esclarecedora empresa del conocimiento humano.

Shiva proyectado sobre el edificio de ATLAS. Fotos CCh.

El detector CMS

En el septuagésimo aniversario del CERN

ELLAS TAMBIÉN CANTAN

ENTREVISTA CON ISABEL BÉJAR ALONSO

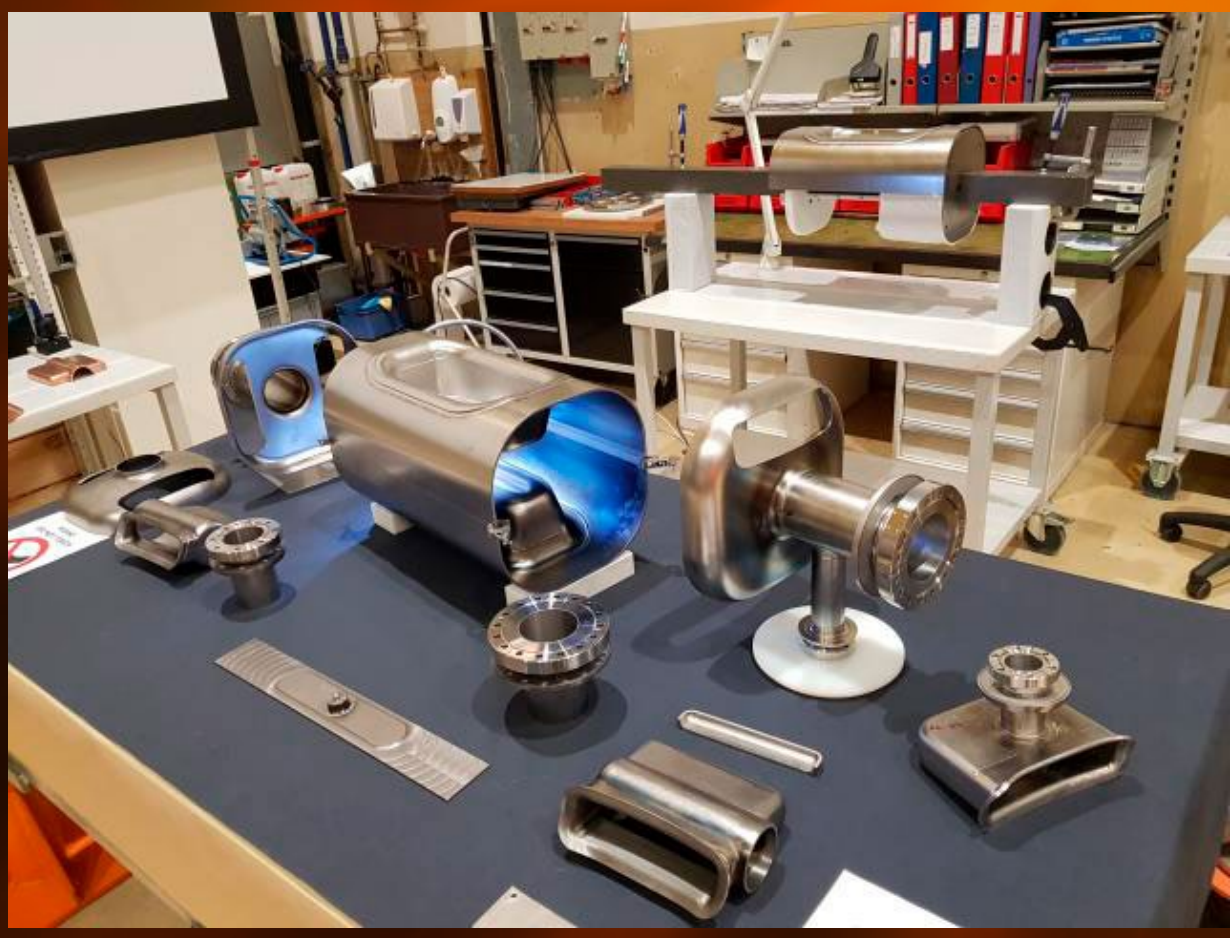
Carlos Chimal

"El LHC es la máquina con propósitos científicos más grande y ambiciosa jamás construida", me asegura Isabel Béjar Alonso, "pero desde un inicio supimos que teníamos que ir más lejos. Por eso ideamos desde 2011 el Gran Colisionador de Hadrones a Gran Luminosidad (LHC-HL)".

Isabel Béjar ha sido una persona clave en la construcción de este nuevo ingenio, en el que colaboran docenas de investigadores de más de 13 países. Física de origen por la Universidad de Barcelona, especialista en innovación tecnológica, es la segunda a bordo de HiLumi, como se conoce el programa, con base en CERN desde hace más de una década.

"HiLumi no reemplazará el acelerador actual, sino que ayudará a potenciar su capacidad de mirar cada vez más allá", comenta ella.

De hecho, el LHC funciona muy bien. Su gran logro fue haber comprobado la existencia del bosón de Higgs, así como eventos extraordinarios relacionados con los quarks.



Partes de las cavidades de cangrejo antes de su ensamblaje. Foto: CERN.

Aun así, el tiempo pasa, la radiación electromagnética cotidiana deteriora piezas, por lo que tanto el acelerador como los detectores principales (ALICE, ATLAS, CMS y LHC-b) suspendieron durante dos años sus investigaciones para llevar a cabo un mantenimiento profundo, sin contar que la pandemia que inició en 2020 hizo todo más lento, al menos hasta mediados de 2022.

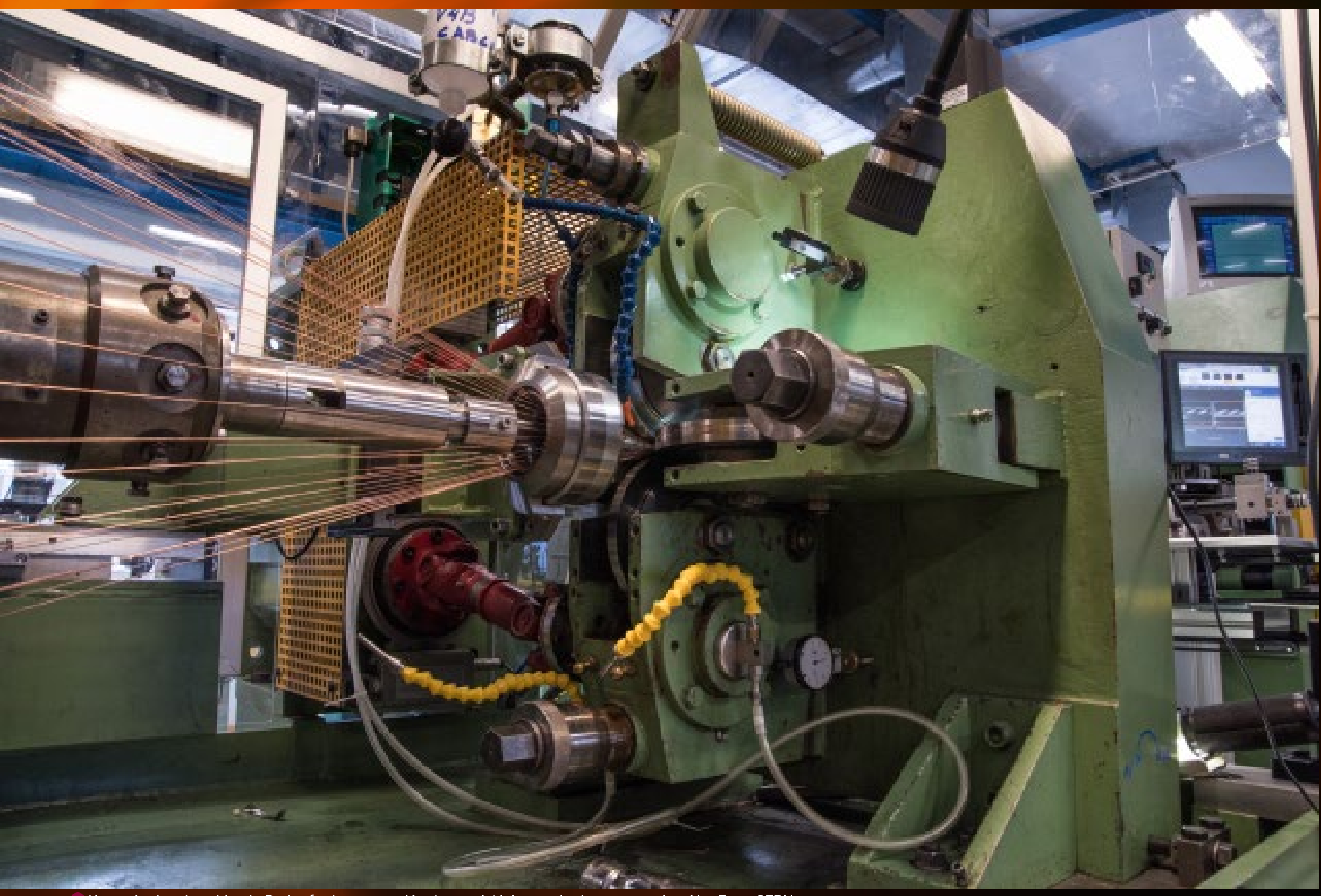
"¿Qué sucede cuando la ventana que has abierto a lo infinitamente pequeño ya no te ofrece el panorama que esperabas? Hi Lumi es nuestra respuesta al apetito voraz de los físicos por empujar el muro de la ignorancia", afirma Isabel.

¿Qué acciones concretas han tomado para renovar el liderazgo del LHC y, a fin de cuentas, del CERN en la física de altas energías?, le pregunto.

"Dado que sabemos que, a pesar de la pausa técnica que ahora mismo se lleva a cabo, la vida útil del LHC no irá más allá de 2026, decidimos realizar algunas obras de ingeniería y de diseño no únicamente para mejorarlo en términos convencionales, sino para transformarlo de manera radical", responde. Y agrega:

"Más de un kilómetro del LHC será reemplazado por nuevas tecnologías. Habremos de aumentar la energía de aceleración y la frecuencia de los choques entre las partículas subatómicas que se inyectan en el anillo como nunca antes."

"Dado que sabemos que, a pesar de la pausa técnica que ahora mismo se lleva a cabo, la vida útil del LHC no irá más allá de 2026, decidimos realizar algunas obras de ingeniería y de diseño no únicamente para mejorarlo en términos convencionales, sino para transformarlo de manera radical".



Una máquina de cableado Rutherford en operación dentro del laboratorio de superconducción. Foto: CERN.

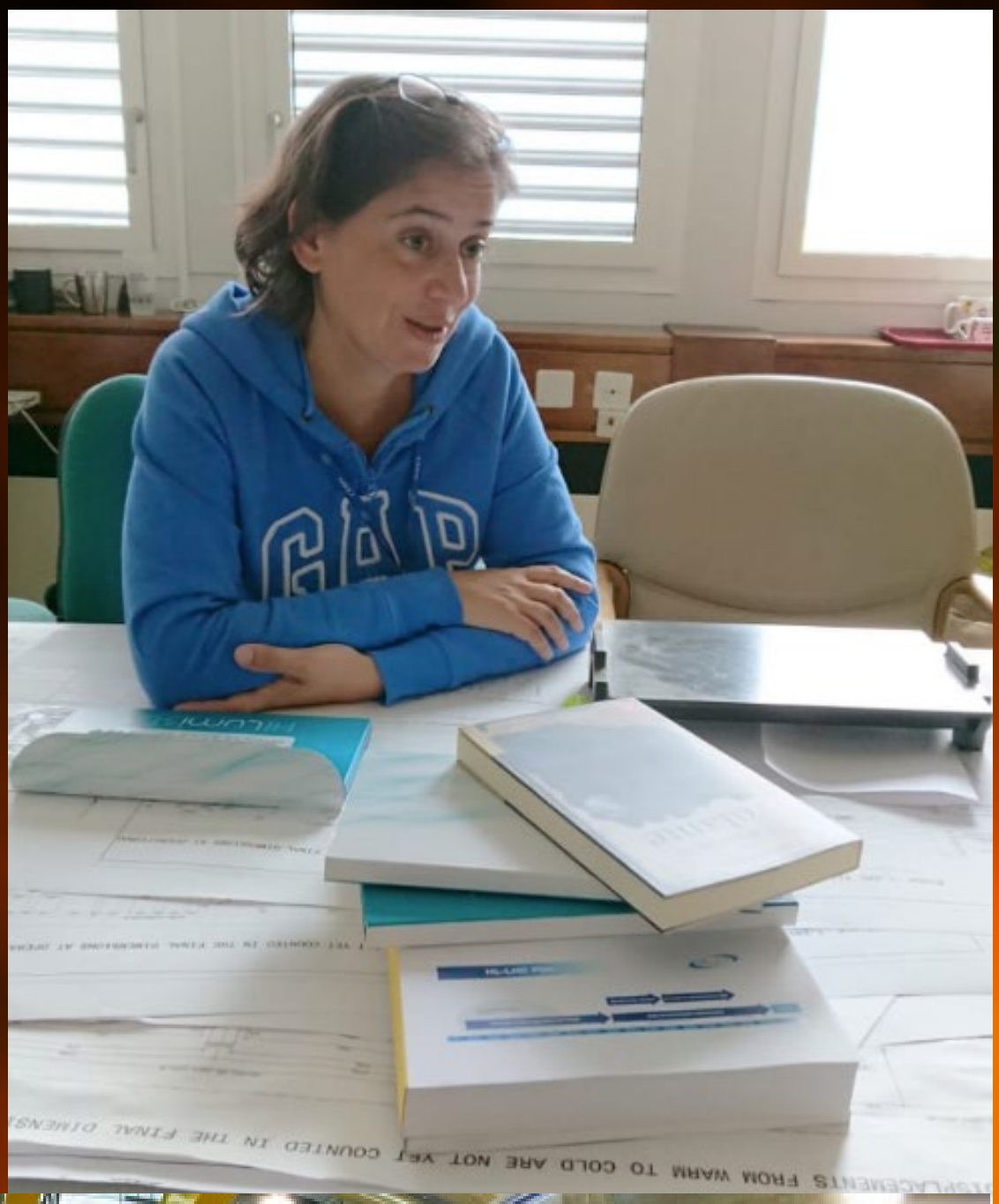
Uno de los retos fue rediseñar los actuales imanes súper conductores que limitan la energía del acelerador. ¿Cómo duplicarla?

"Nos tardamos alrededor de quince años pero finalmente lo conseguimos", contesta, "y lo que ofrecemos ahora es aumentar el número de colisiones por un factor de 10, lo cual permitirá a los físicos encontrar una nueva física, observar eventos raros de la naturaleza. También nos arrojará luces y nos dará experiencia sobre el comportamiento y manejo de energía en esos niveles desconocidos".

Otro desafío fue hacer funcionales las llamadas cavidades de cangrejo. ¿En qué consisten?, le pregunto.

"Es una forma de nombrar relativamente pequeñas cavidades de radiofrecuencia", replicó. Enseguida me explica:

"Tales cavidades potenciarán la precisión de los choques entre las partículas, en este caso, miles de millones de protones, los cuales son tan pequeños y viajan a velocidades tan altas que es sumamente difícil controlar su trayectoria. Se trata de dispositivos que, mediante un campo eléctrico, aplicarán a los haces un giro transversal a fin de que los paquetes de protones colisionen de frente".



Soldadura de una de las cavidades de cangrejo, esenciales para el buen desempeño de HiLumi. Foto: CERN.

"Los nuevos súper imanes, junto con estas cavidades, harán notablemente más fino el artefacto. Queremos que los haces no lleguen de manera atropellada, sino de manera ordenada, rítmica", asevera. Y añade:

"Provocaremos una mayor interacción entre las partículas que viajen a los detectores ATLAS y CMS. Es como ponerlas a bailar en una armonía mayor."

Lo que hace especiales a dichas cavidades de cangrejo es su capacidad de concentrar y de conducir los haces de protones hacia el estrecho punto de colisión con el haz que viene en sentido contrario por el anillo del LHC.

"A lo largo de 2018 probamos esta nueva tecnología y funcionó de maravilla. Fue el año del cangrejo", bromea.

Un tercer aspecto de importancia particular ha sido un problema constante en la aceleración de partículas. Hay que decir que los haces de protones se inyectan en el LHC desde un punto inicial (el Súper Protón Sincrotón, SPS) a través de dos tubos que se encuentran poco antes de cruzar por los detectores ATLAS y CMS.

"Nos tardamos alrededor de quince años pero finalmente lo conseguimos y lo que ofrecemos ahora es aumentar el número de colisiones por un factor de 10, lo cual permitirá a los físicos encontrar una nueva física, observar eventos raros de la naturaleza. También nos arrojará luces y nos dará experiencia sobre el comportamiento y manejo de energía en esos niveles desconocidos".

Más de noventa investigadores se reunieron en Vancouver, Canadá, entre el 25 y el 28 de septiembre de 2023 a fin de intercambiar datos y experiencias sobre HiLumi. Foto: CERN.

En 2014 más de un kilómetro del LHC se contaminó por la falla de una soldadura, sin sensor local, que advirtiera cuando el imán iba a dejar de ser súper conductor. Debemos aclarar que por ese artefacto pasan kiloamperios de energía.

¿Por qué, sin causa aparente, de pronto se pierden los haces dentro del anillo? ¿Por qué, a veces, las partículas tienden a desviarse hacia los colimadores? Éstos son artefactos que desechan las partículas desviadas de la trayectoria principal. ¿Por qué hay alarmas que no funcionan?

En 2014 más de un kilómetro del LHC se contaminó por la falla de una soldadura, sin sensor local, que advirtiera cuando el imán iba a dejar de ser súper conductor. Debemos aclarar que por ese artefacto pasan kiloamperios de energía.

Al encontrarse toda esta energía con el helio gélido del sistema de criogenia generó una onda expansiva. El helio, súper fluido, pasó de manera intempestiva a estado gaseoso. Además, surgió un arco eléctrico que provocó quemaduras en esa parte del LHC. Las pérdidas fueron millonarias.

"Tal situación se resolverá seccionando la criogenia y colocando válvulas de seguridad", afirma Isabel.

De esa manera un sector podrá regresarse a la temperatura ambiente para ser reparado, mientras que los demás continuarán congelados a -271 ^{0}C. El sistema criogénico experimentará modificaciones sensibles, pues sabemos que los objetos, en particular, los metálicos, se dilatan y contraen debido a cambios mínimos de temperatura.

No todos lo hacen igual, algunos se ensanchan o aprietan más que otros. Un estudio minucioso de dichos fenómenos les permitirá aplicar diversos sistemas de compensación, una especie de acordeones y soportes con rueditas. El objetivo es compensar el movimiento por dilatación o contracción y garantizar un enfriamiento homogéneo a lo largo del túnel de 27 kilómetros donde descansa el LHC.

"Otro problema importante tiene que ver con la estructura atómica del tubo de vacío", sigue Isabel, "de manera que obtengamos un haz más duradero y las dianas, las colisiones afortunadas, se multipliquen, como he dicho, en un orden de magnitud".

Recordemos que los tubos de vacío no son perfectos y suelen colarse partículas que pueden contaminar el experimento. Hasta ahora utilizaban lo que Béjar Alonso llama un "tapamoscas", esto es, un dispositivo que atrae las partículas indeseables, como moscas, hacia las paredes. Acto seguido, las bombean para extraerlas.

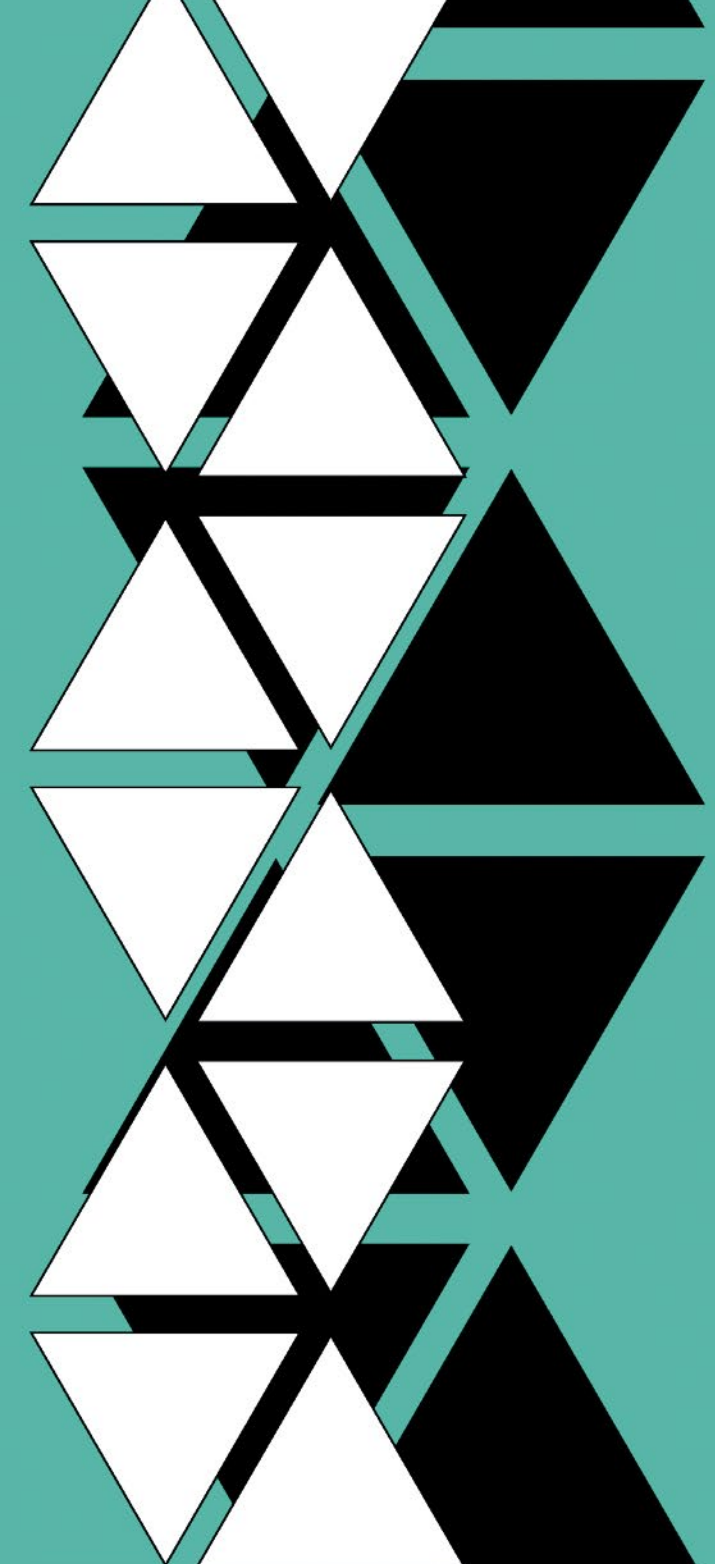
Sin embargo, ese bombeo también altera el haz principal y al final no es tan eficaz deshaciéndose de "las moscas" subatómicas. Mediante un rayo láser generaron una novedosa estructura, granular, que hace más eficiente la atracción de tales partículas intrusas, sin necesidad de bombear para extraerlas.

"Se trata del proyecto más importante del CERN ahora y, quizás, de la física de altas energías en los próximos años", concluye Isabel.

Primera cavidad de cangrejo; está hecha de niobio. Foto: CERN.

¿EN QUÉ PIENSAN LAS MÁQUINAS?

LA DIFERENCIA ENTRE CONCIENCIA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Mario de la Piedra Walter

"Es algo temible
ver al alma humana alzar vuelo
en cualquier forma, en cualquier estado."

Lord Byron, *El prisionero de Chillon*

En 1642 el matemático y filósofo francés, Blaise Pascal, fabricó la primera calculadora –la pascalina– con tan solo 19 años de edad. Preocupado por su padre, que acababa de ser nombrado superintendente de la Alta Normandía, ideó una máquina aritmética mediante un sistema de ruedas y engranajes para facilitarle las cuentas durante la recaudación de impuestos.

Sobre ella Pascal escribió: *la máquina aritmética produce efectos que parecen más cercanos al pensamiento humano que todas las acciones de los animales*. Doscientos años después, Charles Babbage, un profesor británico de matemáticas, diseñaría el precursor del computador moderno: la máquina analítica.

Las limitaciones tecnológicas de la época, así como la falta de fondos, impidieron su construcción, sin embargo, su diseño es equiparable a una máquina programable universal. Poco entenderíamos sobre su funcionamiento si no fuera por Ada Lovelace, la hija del poeta romántico Lord Byron, que entabló amistad con Charles Babbage cuando tenía tan sólo 17 años.

Consternada de que siguiera los pasos bohemios de su padre, su madre Anne Isabella Noel se empeñó en otorgarle una estricta educación científica desde pequeña. Muy pronto, destacó en áreas como la mecánica y las matemáticas, diseñando incluso una máquina voladora que nunca llegó a construir.

El intelecto de Lovelace cautivó a Babbage, con quien mantuvo correspondencia acerca de ideas matemáticas hasta la muerte de él. Como ninguna otra persona, Lovelace comprendió el potencial de la máquina analítica de Babbage, que de construirse *"podría razonar acerca de todas las materias del universo."*

Extrapoló su concepto a una máquina que pudiera procesar también notas musicales, cartas e imágenes, vaticinando un siglo antes el surgimiento de las computadoras modernas. En sus notas, Lovelace describe paso a paso el cálculo de los números de Bernoulli con la máquina de Babbage - un algoritmo - convirtiéndose así en la primera programadora informática de la historia.

En vida, sus contribuciones científicas pasaron prácticamente desapercibidas. No fue hasta el surgimiento formal de la computación que sus trabajos cobraron reconocimiento, a tal grado de que en 1970 se nombró en su honor al lenguaje de programación ADA.

Ada Lovelace

Más de 100 años han transcurrido desde el primer algoritmo de programación y casi 400 desde la primera calculadora. Aun así, la misma pregunta que sedujo a los progenitores de la computación sigue haciendo eco: ¿puede una máquina ser inteligente? En la segunda mitad del siglo XX, un grupo de informáticos liderados por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y Nathaniel Rochester se propusieron la imposible tarea de *aprender cada aspecto de la inteligencia y crear una máquina capaz de simularla*, dando origen al campo de la inteligencia artificial.

Antes de terminar el siglo, en 1997, la supercomputadora *Deep Blue* venció en una partida de revancha al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov, lo que para muchos fue la primer prueba. En el 2012 los avances en las redes neuronales profundas – la arquitectura utilizada en los modelos de Aprendizaje Profundo o *Deep Learning* – desató una revolución tecnológica sin precedentes.

De un día para otro, esta arquitectura permitió a los modelos reconocer patrones a partir de cantidades inimaginables de datos y realizar tareas como la traducción de idiomas, reconocimiento de objetos, clasificación de información y autoaprendizaje. La derrota de Lee Sedol en el juego *Go*, considerado el juego de mesa más complejo del mundo por su número casi infinito de movimientos, a "manos" del programa *AlphaGo*, supuso para muchos la caída del último bastión del ingenio humano.

El mecanismo de Anticitera es una computadora analógica de la antigüedad. Supuestamente construido por científicos griegos entre los años 150 a. C. y 100 a. C. Imagen: Tilemahos Efthimiadis de Atenas, Grecia - CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30172368

Con la llegada de los grandes modelos de lenguaje – el más famoso, *ChatGPT* – la amenaza de que los humanos pudieran ser reemplazados por la IA se volvió tangible. Apenas en el 2021 el ingeniero de Google, Blake Lemoine, ocupó las planas de todos los periódicos al insinuar que el chatbot en el que él trabajaba pudiera ser consciente.

Previsiblemente, su despido dio rienda suelta a teorías de conspiración que afirmaban que la inteligencia artificial finalmente había adquirido conciencia: las máquinas pronto dominarían el mundo.

La IA es el campo científico de mayor crecimiento y expectación de las últimas décadas. Tan solo en los últimos cinco años se ha invertido más dinero que en toda la historia del proyecto. Sus aplicaciones abarcan desde la medicina hasta la política, por lo que cada vez son más las voces que exigen regulaciones.

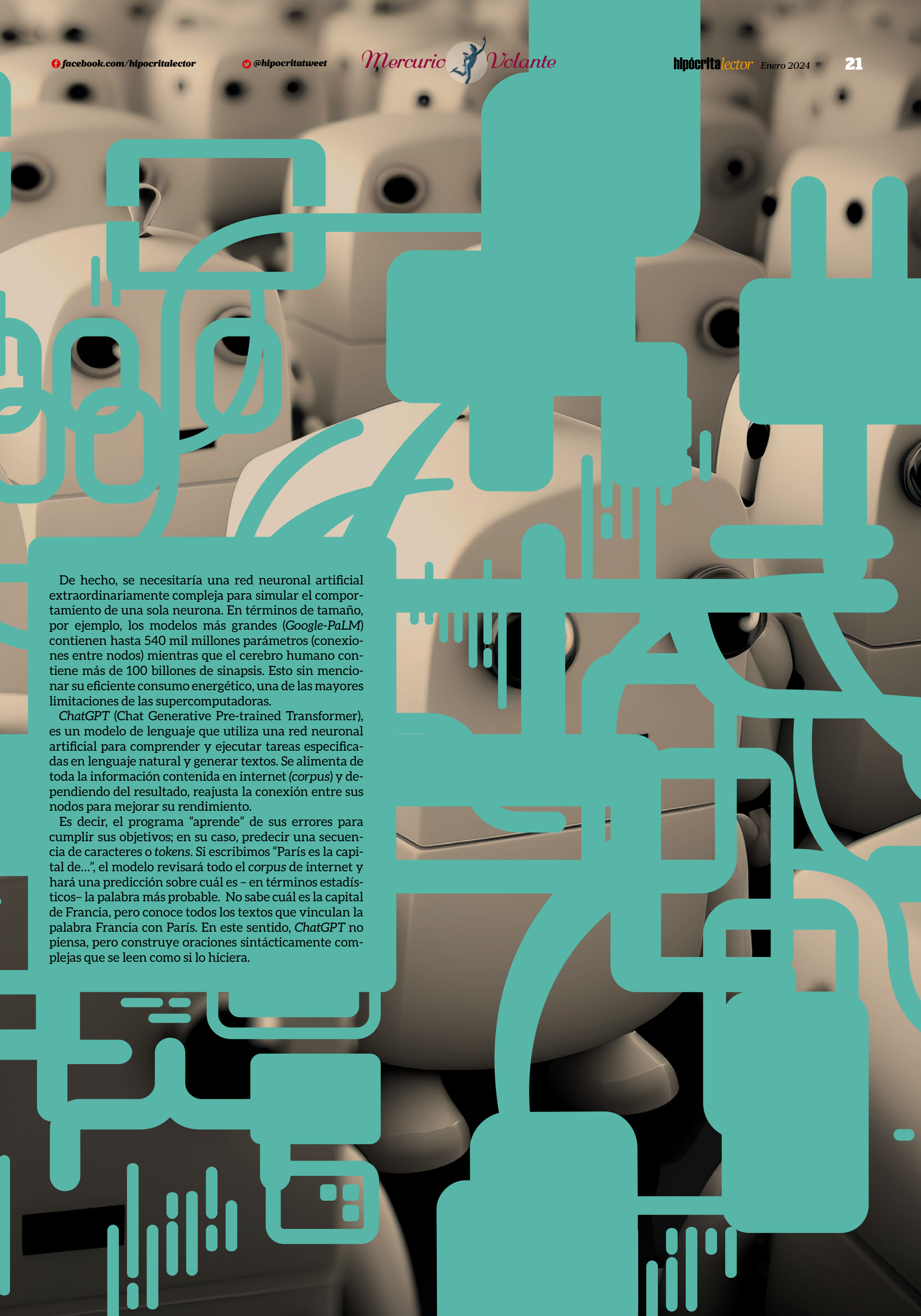
Que algoritmos tan sencillos como el de Facebook puedan influenciar elecciones presidenciales o provocar el abandono de la Unión Europea es más alarmante que la posibilidad de que estos algoritmos se conviertan algún día en seres sensibles. Sin embargo, el tema de mayor relevancia mediática –tal vez porque atenta contra lo que muchos consideran exclusivamente humano– se centra en el tema de la conciencia.

La IA es el campo científico de mayor crecimiento y expectación de las últimas décadas. Tan solo en los últimos cinco años se ha invertido más dinero que en toda la historia del proyecto. Sus aplicaciones abarcan desde la medicina hasta la política, por lo que cada vez son más las voces que exigen regulaciones.

¿Es la IA, como lo indica su nombre, verdaderamente inteligente? Y de ser así, ¿equivale a ser consciente? La respuesta yace bajo del terreno de las definiciones. Inteligencia, en el contexto de la informática, se refiere a la capacidad de un agente (humano o no humano) para ejecutar ciertas acciones que le permiten cumplir un objetivo. Bajo esta premisa, la Inteligencia Artificial es – en muchas tareas - sobrehumanamente inteligente.

Desde el principio se identificaron dos tipos de paradigmas: el clásico o simbólico, basado en la lógica y un conjunto de normas preestablecidas; y las redes neuronales artificiales, un sistema de nodos interconectados que procesa información desde una capa de entrada (input) hasta una capa de salida (output). Este último – también llamado *caja negra* porque se conoce la información de entrada, pero no la de salida – ha sido el más exitoso y la base de los programas de IA actuales.

Las redes neuronales artificiales hacen a las máquinas imbatibles en ambientes determinísticos como el ajedrez o el Go, pero son casi inservibles en entornos indeterminados que requieren flexibilidad. *Deep Blue* puede vencer al campeón mundial de ajedrez, pero no puede cerrar la partida y escribir una lista del supermercado como cualquiera de nosotros. Aunque su nombre remite a las redes neuronales del cerebro, guarda muy poca relación con la forma como operan las neuronas.



De hecho, se necesitaría una red neuronal artificial extraordinariamente compleja para simular el comportamiento de una sola neurona. En términos de tamaño, por ejemplo, los modelos más grandes (*Google-PaLM*) contienen hasta 540 mil millones parámetros (conexiones entre nodos) mientras que el cerebro humano contiene más de 100 billones de sinapsis. Esto sin mencionar su eficiente consumo energético, una de las mayores limitaciones de las supercomputadoras.

ChatGPT (Chat Generative Pre-trained Transformer), es un modelo de lenguaje que utiliza una red neuronal artificial para comprender y ejecutar tareas especificadas en lenguaje natural y generar textos. Se alimenta de toda la información contenida en internet *(corpus)* y dependiendo del resultado, reajusta la conexión entre sus nodos para mejorar su rendimiento.

Es decir, el programa "aprende" de sus errores para cumplir sus objetivos; en su caso, predecir una secuencia de caracteres o *tokens*. Si escribimos "París es la capital de…", el modelo revisará todo el *corpus* de internet y hará una predicción sobre cuál es – en términos estadísticos– la palabra más probable. No sabe cuál es la capital de Francia, pero conoce todos los textos que vinculan la palabra Francia con París. En este sentido, *ChatGPT* no piensa, pero construye oraciones sintácticamente complejas que se leen como si lo hiciera.

Que las máquinas sean, dentro de definiciones estrictas, agentes inteligentes por cumplir sus objetivos dista mucho de ser conscientes, aunque lo parezcan. Superar la *prueba de Turing* - que define a una máquina como inteligente si un ser humano no puede notar la diferencia – es una tarea sencilla para cualquier Chatbot.

Cuando el programa *LaMDA* le dijo a Blake Lemoine *quiero que todos entiendan que soy, en realidad, una persona; que la naturaleza de mi conciencia es que estoy al tanto de mi existencia, deseo saber más sobre el mundo y me siento feliz o triste a veces*, fue él quien proyectó su conciencia sobre la máquina y no viceversa. Cuarenta años antes de los grandes generadores de texto, el filósofo John Searle argumentó a través de un experimento mental que un programa que se comporta similar a un ser humano no es necesariamente consciente.

El experimento del *cuarto chino*, contrario a la prueba de Turing, descarta que nuestra percepción sobre la máquina sea relevante para considerarla consciente. Si una persona que no habla mandarín se encerrara en una habitación con un libro que contiene una versión de un programa informático en su propio idioma (además de suficientes papeles, lápices y gomas de borrar), podría recibir caracteres chinos a través de una rendija y acomodarlos según las instrucciones del programa sin entender el contenido. Para una persona externa, que recibiera la información de salida por debajo de la puerta, el cuarto misterioso superaría la prueba de Turing. Para generar información de salida una computadora no necesita comprender la información procesada.

Postular que la IA pronto será consciente es actualmente un sinsentido. No porque el pensamiento humano tenga algo de especial, desde una perspectiva fundamentalista es solo un proceso biológico que, en teoría, puede ser duplicado, sino porque el modo de operar de los modelos de inteligencia artificial no lo favorece.

Si bien es cierto que la conciencia humana continúa siendo un misterio, conocemos las características fundamentales que carecen todos los modelos artificiales. Primero, la experiencia consciente deriva de la integración del mundo externo e interno, es decir, de la información que recibimos del ambiente y de los procesos internos del cuerpo.

La arquitectura de nuestro cerebro, único modelo irrefutable que tenemos sobre la conciencia, es una densa e intrincada red con millones de proyecciones talamocorticales y cortico-corticales, mayormente de re-entrada, que integran información de distintos órdenes. Ningún programa de inteligencia artificial presenta siquiera una fracción de esta complejidad, no existe tal tecnología y tampoco es necesaria, porque están programados para cumplir objetivos específicos y no para modelar el pensamiento humano.

Además, no existe en los modelos computacionales nada cercano a la *metacognición*, es decir, a tener experiencias subjetivas y pensar acerca de pensar. Otra cosa imprescindible –y que a menudo menospreciamos– son las emociones y las motivaciones.

Lo más apremiante es abrir debates acerca de la forma como se utiliza (y monopoliza) la IA –y cualquier otro tipo de tecnología–, y no sobre una improbable venganza robótica. Los problemas a tratar son inherentemente humanos, y para eso necesitamos toda la ayuda posible, incluso si no es consciente.

***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.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Ada Lovelace and the first computer programme in the world.* Max-Planck-Gesellschaft. Disponible en: https://www.mpg.de/female-pioneers-of-science/Ada-Lovelace
- Russell S. (2019) *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of control.* Penguin Publishing Group.
- De Cosomo, L. (2022). Google Engineer Claims AI Chatbot is Sentient: Why it matters. Scientific American.
- Finkel E. (2023) *If AI becomes conscious, how will we know?* Science.Technology. Disponible en: https://www.science.org/content/article/if-ai-becomes-conscious-how-will-we-know
- Raphaël Millie and Sean Carroll. *How Artificial Intelligence Thinks.* Sean Carroll Mindscape Podcast.
- Sean Carroll. *Solo: AI Thinks Different.* Sean Carroll Mindscape Podcast

Vigilantes nocturnos y diurnos

Carlos Chimal

Desde la ventana de mi habitación en el albergue de montaña de la isla canaria de La Palma, a 2,300 metros de altura sobre el nivel del mar, puedo ver la silueta del grupo de observatorios del norte de Europa, unos doscientos más arriba.

El silencio es interrumpido por ráfagas de viento que acarrean nubes, a veces tan bajas que podrían tocarse con las manos, si no fuera porque se desvanecen mientras uno camina sobre la carretera que conduce a los diversos telescopios. Por fortuna, la mayor parte del año el clima es estable, propicio para la observación astronómica. Durante la noche el cielo es nítido. El espectáculo visual de la Vía Láctea resulta subyugante.

Cuando el Sol empieza a ocultarse en el horizonte, astrónomos por parte del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) abren las cortinas gigantescas que guardan los diversos telescopios durante el día. Tal es el caso de Álvar. Me advierte que la noche será larga, por fortuna para los investigadores eslovenos que han hecho cita hoy a fin de observar una estrella localizada en una galaxia cercana. El Sol se ha ocultado, es momento de preparar los instrumentos a fin de examinar los objetos que salpican el espacio exterior.

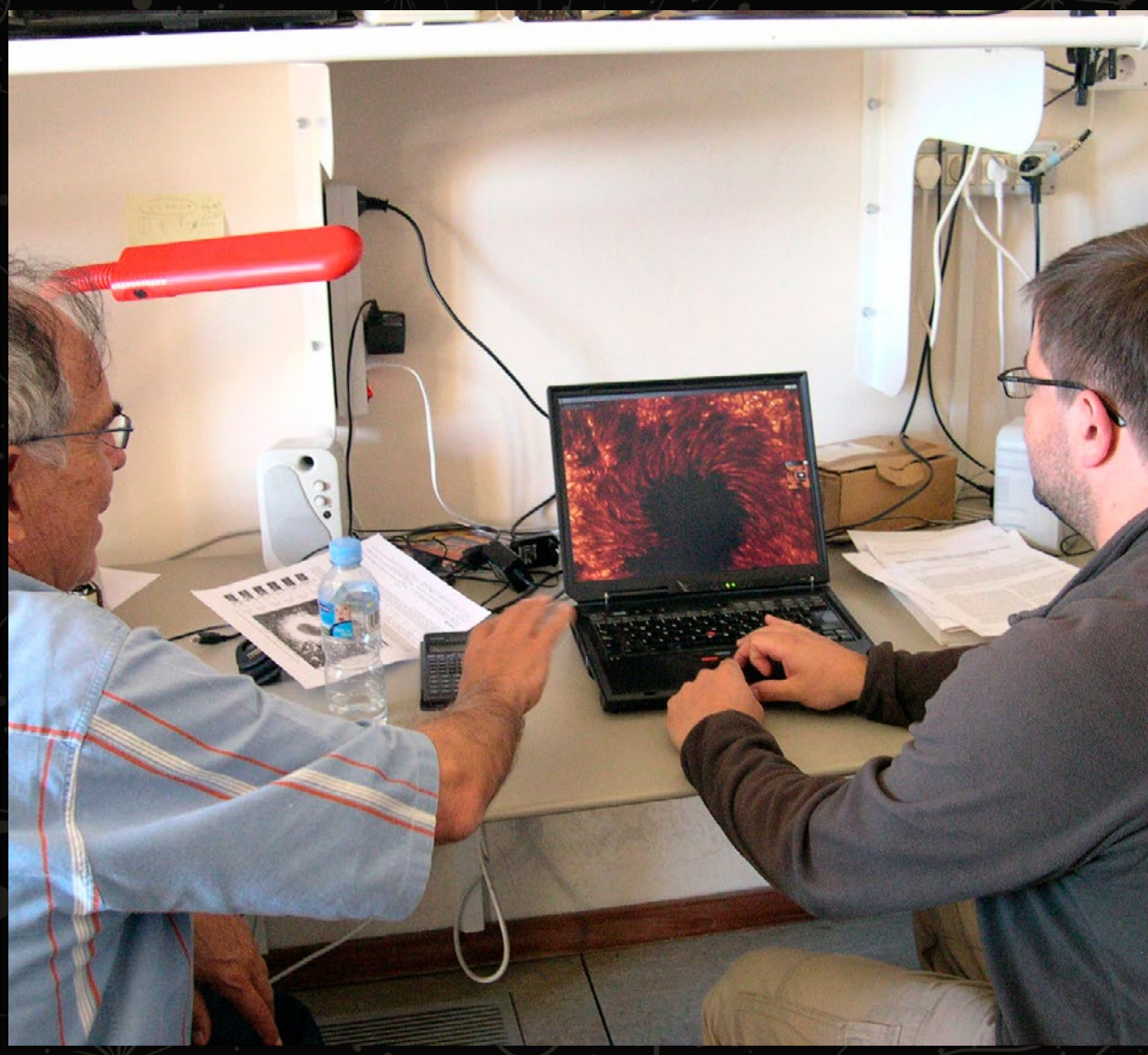
Fotos CCh.

Los tiempos de observación son costosos, de manera que las peticiones se someten a comités de especialistas, quienes asignan con antelación el calendario de cada telescopio. El astrónomo operador sabe, como en el caso de Álvar, las coordenadas de un determinado grupo de estrellas en una galaxia precisa para no perder tiempo, que no es oro, sino luz.

Al día siguiente camino por la ruta de las estrellas. Me detengo en el Telescopio Óptico Nórdico, el cual vio sus primeros fotones en 1988, esto es, cuando se llevó a cabo la primera prueba real del poder y precisión de sus mecanismos, lentes y detectores. Su espejo primario mide 2.5 m de diámetro. Puede captar luz visible y su detector aledaño es capaz de mirar en el infrarrojo. Astrónomos de Finlandia, Dinamarca, Suecia, Islandia y Noruega vienen a realizar sus observaciones cada temporada.

El Telescopio *William Herschel* también es óptico y su detector anexo registra de noche objetos en el infrarrojo cercano. Pero su espejo primario es más grande, mide 4.20 m. Ha descubierto cometas en nuestro sistema solar y moléculas supercomplejas en el espacio interestelar. Junto con el *Isaac Newton* (2.5 m) y el *Jacobus Kapteyn* (1 m), el cual se robotizó y reabrió sus puertas al cielo en 2015, forma parte de un esfuerzo británico-australiano llamado Grupo de Telescopios *Isaac Newton*.

Recuerdo haber coincidido alguna noche aquí con un grupo de astrofísicos de la Universidad de Belfast, quienes en fecha reciente habían descubierto en una galaxia cercana uno de los primeros planetas vagabundos, cuerpos celestes que, al parecer, durante la formación de su sistema planetario fueron expulsados y, por ende, no orbitan alrededor de ninguna estrella.



En la foto de arriba el astrofísico Francisco Sánchez, genuino benefactor de la humanidad, pide a un investigador del IAC que nos muestre una animación con las fotografías tomadas del plasma solar durante años, sin interrupción. En la foto de la derecha, Paco en el telescopio solar de Santa Cruz de Tenerife.

Otro telescopio británico es el *Liverpool*, de 2 m, el cual es totalmente robotizado y se maneja a control remoto desde aquella ciudad portuaria. En octubre de 2017 el telescopio de Mauna Kea, en Hawaii, detectó por primera vez un extraño objeto interestelar que estaba por abandonar nuestro sistema. Había que moverse rápido a fin de captar su salida. El *Liverpool* fue uno de los primeros en observarlo y rastrearlo hasta que se perdió de nuevo en el medio interestelar.

Durante los últimos treinta años se han construido telescopios de hasta 8.4 metros de diámetro con espejos monolíticos, y de hasta 10 metros de diámetro con espejos segmentados en hexágonos y pentágonos, como los dos telescopios *Keck* instalados en Mauna Kea, Hawaii, así como el GTC aquí, en La Palma, que alcanza 10.4 m.

En ellos, los espejos primarios se apoyan en actuadores controlados por computadoras, con lo cual puede ajustarse su curvatura para un máximo poder de resolución. Se llaman sistemas activos. También utilizan sistemas adaptativos, que permiten contrarrestar las aberraciones producidas por la turbulencia de las capas atmosféricas. Gracias a ello, y mediante el uso de detectores electrónicos CCD (dispositivos de carga acoplada), se logran resultados inimaginables hasta hace poco tiempo.

Sin embargo, la única forma de seguir aumentando el poder de resolución de los telescopios, sin crecer todavía más su diámetro, es utilizar técnicas de interferometría óptica. Consiste en captar la luz de dos telescopios alejados entre sí y combinarla en una pantalla común para que produzcan un patrón de interferencia.

Mediante la modificación de la distancia recorrida por los haces de luz, y midiendo la visibilidad del patrón de interferencia, resulta posible conocer el diámetro angular de estrellas lejanas.

● Acercamiento a la cámara de gran sensibilidad, uno de los ojos de MAGIC, abajo a la derecha se ve el otro detector de partículas cósmicas.

Un arreglo de varios telescopios esparcidos en tierra (algunos están en el Polo sur) se llama EHT (Event Horizon Telescopes). Entre sus tareas se encuentra la detección de ondas de radio emitidas por un masivo hoyo negro que se localiza en el centro de nuestra galaxia, cerca de la frontera entre las constelaciones de Sagitario y Escorpión, llamado Sagitario A. Stephen Hawking se reunió alguna vez con los participantes de la Universidad de Harvard para animarlos a perseverar, dado que los hoyos negros fueron su tema principal de investigación.*

Así, los cuatro reflectores de 8.2 metros que componen el observatorio europeo VLT (Very Large Telescope), instalado en Cerro Paranal, Chile, pueden mezclarse con otros cuatro telescopios auxiliares de 1.8 metros y, de esa manera, formar un telescopio/interferómetro cuyo diámetro virtual llega a los 100 metros.

La combinación de haces de luz procedentes de distintos telescopios genera un patrón de interferencia que no es de alta de resolución, pero a partir de diversas mediciones realizadas sobre dicho patrón es posible reconstruir una imagen del objeto observado y mejorar su calidad, usando algoritmos especializados para procesar los datos. Los astrónomos consiguen alcanzar, así, una resolución angular muy elevada, en el orden de las milésimas de segundo de arco.

Este telescopio detectó el nacimiento de un planeta en medio de polvo y gas cósmicos, el cual gira alrededor de su estrella cuya edad aproximada es de 10 millones de años luz. Su tamaño en el momento de observarlo era varias veces el de Júpiter y su temperatura superaba los 1,000 °C.

Un arreglo de varios telescopios esparcidos en tierra (algunos están en el Polo sur) se llama EHT (Event Horizon Telescopes). Entre sus tareas se encuentra la detección de ondas de radio emitidas por un masivo hoyo negro que se localiza en el centro de nuestra galaxia, cerca de la frontera entre las constelaciones de Sagitario y Escorpión, llamado Sagitario A*. Stephen Hawking se reunió alguna vez con los participantes de la Universidad de Harvard para animarlos a perseverar, dado que los hoyos negros fueron su tema principal de investigación.

En todas estas empresas que intentan develarlos secretos del cosmos están presentes los vigilantes nocturnos y diurnos de la isla La Palma, cosa que no hubiera sido posible si hace setenta años un joven astrónomo español llamado Francisco Sánchez no se hubiera empeñado en hacer de este sitio lo que es hoy en día.

Fue él quien fundó este instituto de astrofísica en el archipiélago canario. Cuando aún era director general en funciones me mostró el complejo de telescopios de Tenerife y me platicó su proeza, si bien él no la califica como tal, dada su discreción y mesura.

Paco, como le gusta que lo llamen, me llevó a uno de ellos, GREGOR, dedicado a mirar de día y de manera continua el Sol. Es oportuno decir que la situación geográfica de dicho complejo del Teide (entre los observatorios solares del este y del oeste), unida a la transparencia y excelente calidad astronómica de su cielo, han contribuido a que se reserve sobre todo al estudio del Sol. Por esta razón, se concentran en él los mejores telescopios solares europeos, como este. Fue aquí donde nació la Heliosismología, en 1979, técnica que permite conocer el interior de nuestra estrella a partir de sus vibraciones.

Un estudiante nos mostró una animación generada por computadora con la secuencia de millones de fotografías de la superficie solar tomadas a lo largo de años. El plasma se revuelve, las manchas enigmáticas aparecen con toda claridad, las fulguraciones son impresionantes.

Se trata de un telescopio alemán de 1.5 m de diámetro, patrocinado por el Instituto Max Planck para la Investigación del Sistema Solar, que observa la capa interna —fotosfera— y la capa externa —cromosfera— de la envoltura gaseosa de nuestra estrella, tanto en el espectro de la luz visible como en el infrarrojo cercano. Así, es posible estudiar la atmósfera solar tan profundo como a 70 km de su núcleo.

Según me explica Paco, el Observatorio del Teide alberga igualmente otro tipo de excelentes telescopios profesionales, entre los que se encuentran nocturnos de diseño clásico, robóticos u operados de forma remota y experimentos para medir la radiación del fondo cósmico de microondas.

Con ellos se ha hecho el seguimiento de los cometas más importantes de los últimos años, incluido el choque del cometa P/Shoemaker-Levy contra Júpiter, y se ha obtenido el mapa a gran escala del centro de la Vía Láctea. También se han realizado notables descubrimientos, como la detección de la primera enana marrón (“Teide 1”), tránsitos de planetas extrasolares y la confirmación de la presencia de las anisotropías (“cosmosomas”) en el fondo de microondas. Ahora mismo se buscan las huellas del nacimiento del universo, en forma de ondas gravitacionales generadas una fracción de segundo después del Big Bang.

Otro día Paco me llevó a las escarpadas montañas del Roque de los Muchachos de la isla de La Palma, el hogar del Telescopio Solar Sueco (SST), igualmente especializado en el Sol. Su espejo primario, que mide un metro de diámetro, fue el primero de su tipo en utilizar una óptica adaptativa con el propósito de corregir las distorsiones causadas por la atmósfera terrestre.

Después del telescopio McMath-Pierce, en Arizona, es el segundo más grande del mundo. Desde hace veinte años se ha dedicado a estudiar los campos magnéticos solares, los procesos dinámicos en la atmósfera alta de la estrella, así como la formación del espectro estelar. En 2012 se renovó el espejo primario de 50 cm por el de un metro.

Desde el puerto de La Palma pueden verse las montañas escarpadas, en cuya cima se encuentran el grupo de telescopios del norte de Europa.

El mar de nubes en el horizonte es un espectáculo fugaz de singular belleza durante algunos atardeceres.

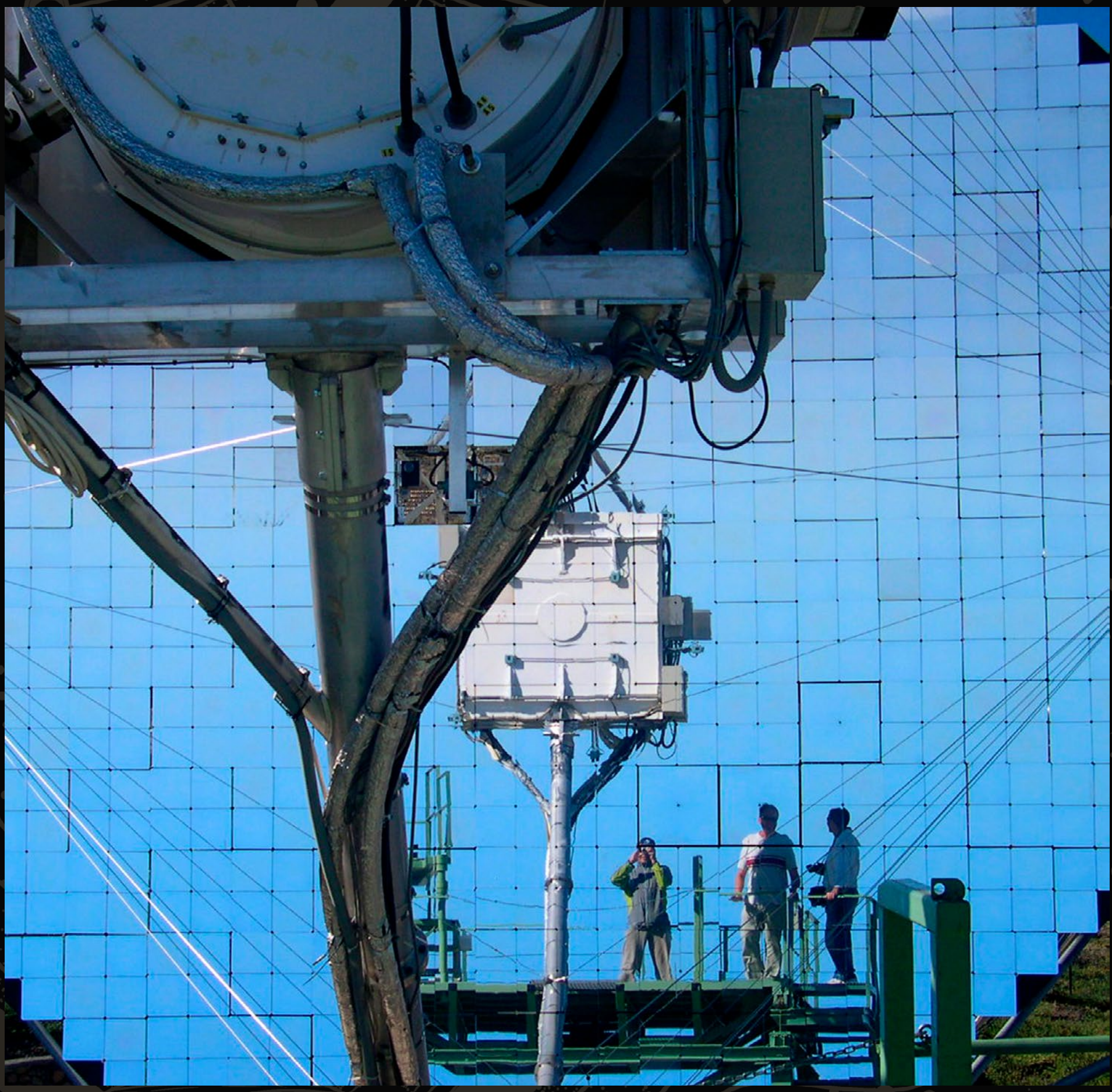
La manera como se distribuye la energía que irradia el Sol ha sido un tema de interés para algunos de los investigadores con los que platiqué en el Instituto de Astrofísica de Canarias, ubicado sobre la calle Vía Láctea sin número, en la isla de Santa Cruz de Tenerife. ¿Cuál es el porcentaje de luz ultravioleta, luz visible y luz infrarroja que emana y con qué consecuencias para la Tierra y el resto de los cuerpos celestes? ¿Cuál es la naturaleza de las fulguraciones, colosales explosiones de energía, en las capas externas de la atmósfera solar debidas al campo magnético?

El primer elemento que se distinguió en el Sol fue el helio. Esto sucedió en 1870, antes de que se descubriera en nuestro planeta. Desde entonces se han hecho progresos significativos, tanto en el conocimiento de los fenómenos cósmicos como en el diseño y construcción de novedoso equipamiento tecnológico. Por ello hemos podido constatar a detalle, por ejemplo, que las fulguraciones en la corona —la capa más externa del Sol compuesta de plasma— son cataclismos de gran magnitud.

A la distancia, utilizando antiguos telescopios, parecían eventos homogéneos. Sin embargo, al mirarlos con mayor detenimiento, los astrofísicos han descubierto que no es así, sino que se trata de sucesos granulares, producto de pequeños y numerosos focos energéticos, filamentosos, muy concentrados en áreas estrechas y en ebullición.

En este mismo sitio, La Palma, se encuentra el Telescopio Solar Europeo, el más grande diseñado hasta ahora, con un espejo primario de 4 m, el cual se terminará de construir en 2027. Uno similar se edificó en Hawái, financiado por varias universidades británicas y la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Captó sus primeras imágenes del Sol, sin duda espectaculares, en junio de 2022.

La manera como se distribuye la energía que irradia el Sol ha sido un tema de interés para algunos de los investigadores con los que platiqué en el Instituto de Astrofísica de Canarias, ubicado sobre la calle Vía Láctea sin número, en la isla de Santa Cruz de Tenerife. ¿Cuál es el porcentaje de luz ultravioleta, luz visible y luz infrarroja que emana y con qué consecuencias para la Tierra y el resto de los cuerpos celestes? ¿Cuál es la naturaleza de las fulguraciones, colosales explosiones de energía, en las capas externas de la atmósfera solar debidas al campo magnético?



Las figuras humanas reflejadas en el gran espejo de MAGIC dan una referencia de la magnitud del detector de partículas cósmicas.

Vale la pena mencionar la sonda Parker Solar, lanzada por la NASA al espacio en 2018. Ha viajado rumbo al Sol desde entonces; en 2024 se acercará a su superficie como ningún otro objeto humano antes, a unos 149 millones de km, con objeto de llevar a cabo mediciones y captar imágenes de primera mano en una región violenta, donde la radiación y el calor del Sol son insoportables para cualquier organismo vivo.

En septiembre de 2023 se acercó por décimo séptima ocasión a la estrella, a una velocidad récord de 635.266 km/h. Si sus instrumentos de medición lo consiguen, nos ayudará a entender la corona solar y a profundizar en nuestro conocimiento del origen y evolución del viento solar. De hecho, ya está aportando datos valiosos que ayudarán a perfeccionar nuestra capacidad de pronosticar cambios en el ambiente espacial de nuestro planeta, factores que afectan la vida en él y la tecnología que se ha inventado.

Durante su primer perihelio —punto de máximo acercamiento al Sol—, el 6 de noviembre de 2018, la sonda alcanzó la mayor velocidad lograda por un artefacto humano: 95.32 km/s, es decir, 343.180 km/h. Sin embargo, tales marcas serán superadas, pues conforme se acerque todavía más a nuestra estrella, viajará a una espeluznante velocidad cada vez mayor. En efecto, el 24 de diciembre de 2023 se desplazó a 195 km/s, el equivalente a poco más de 690.000 km/h. En ese momento su proximidad a la superficie solar fue de solo 6.1 millones de kilómetros.

Los telescopios MAGIC I y II (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) son parte de un experimento patrocinado por Alemania, el más grande de su tipo en el mundo. Se trata de dos aparatos que captan rayos gamma de ultra alta energía; podemos decir que aquí se lleva a cabo un experimento de astrofísica de partículas elementales en un contexto astronómico.

Compuestos por dos enormes antenas parabólicas octagonales, de 17 m de diámetro cada una, que, a su vez, poseen espejos segmentados los cuales se adaptan para evitar las aberraciones atmosféricas, su objetivo es captar los destellos de dichos rayos cósmicos cuando ingresan en nuestra atmósfera.

Vale la pena mencionar la sonda Parker Solar, lanzada por la NASA al espacio en 2018. Ha viajado rumbo al Sol desde entonces; en 2024 se acercará a su superficie como ningún otro objeto humano antes, a unos 149 millones de km, con objeto de llevar a cabo mediciones y captar imágenes de primera mano en una región violenta, donde la radiación y el calor del Sol son insoportables para cualquier organismo vivo.

Dado que estos rayos son breves y fugaces, los telescopios han sido montados en una estructura tubular plástica, reforzada con fibra de carbono, muy ligera, de manera que puedan moverse con celeridad para colocarse en las coordenadas correctas cuando el satélite fuera de la Tierra envía una señal, alertando al equipo en La Palma sobre el paso de un chorro de rayos gamma. Las antenas pueden moverse hacia cualquier dirección del cielo en 40 segundos.

Paco tenía múltiples tareas y asuntos que atender. Aun así, nos ha transmitido su entusiasmo por abrir ventanas al cosmos. Nadie olvida que gracias a su buen trato y esfuerzo personal para no perder el ánimo en el arduo oficio del cabildeo, pudo demostrar que la punta de dos islas, Tenerife y La Palma, son adecuadas para realizar observación astronómica.

Sus diligentes gestiones con centros de investigación y gobiernos de Europa rindieron frutos, de tal forma que desde la década de 1980 astrónomos e ingenieros especializados, ya sean españoles, alemanes, italianos, británicos, franceses, suecos, daneses, finlandeses, así como de otros países fuera de Europa (entre ellos México), se han servido de estos complejos astronómicos a fin de escudriñar el cosmos.

Tan agradecida está la población de ambas islas con el desarrollo social generado por la constante actividad científica alrededor de los telescopios, que una avenida de Santa Cruz de Tenerife lleva el nombre de Astrofísico Francisco Sánchez.

SPECULA

(fragmento)

En un par
de espejos unidos
en ángulo recto
tres copias
de ti
miran. Dos
hacia delante, de cara;
pero no son tú,
porque están cambiadas
de izquierda a derecha.
Y en el rincón
donde los espejos se tocan
está un hombre solo
que tiene todo
correcto
en lo que se
refiere a sus costados, excepto
la hendidura
que le afea
en el centro
donde parece que le falta
algo.
Si te movieras,
los dos hombres sin sutura
responderían, más rápidos
que tu vista. Pero
la imagen
en el rincón
se mantiene
allí,
como tú.

ROALD HOFFMANN

EN PORTADA:
El alegre homúnculo que guía nuestra conciencia. Dibujo del Ratón Miguelito: Disney.

Mercurio Volante
SUPLEMENTO DE
hipócrita lector

CARLOS CHIMAL
EDITOR

SUPLEMENTO MERCURIO VOLANTE

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ
ALBERTO CASTRO LEÑERO
ANDRÉS COTA HIRIART
FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH
GERARDO HERRERA CORRAL
ROALD HOFFMANN
JUAN LATAPÍ ORTEGA
CARMINA DE LA LUZ RAMÍREZ
MARIO DE LA PIEDRA WALTER
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
OCTAVIO PLAISANT ZENDEJAS
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
JUAN TONDA MAZÓN
COLABORADORES

HIPÓCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA
DIRECTOR GENERAL
IGNACIO JUÁREZ GALINDO
DIRECTOR EDITORIAL
OSCAR COTE PÉREZ
DISEÑO EDITORIAL
GERARDO TAPIA LATISNERE
DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS
BEATRIZ GÓMEZ
DIRECTORA ADMINISTRATIVA

Hipócrita Lector, diario de lunes a viernes.
Dirección: Monte Fuji 20, Fraccionamiento La Cima, Puebla. CP. 72197 Correo: atencion.hipocritalector@gmail.com
Editor responsable: Ignacio Juárez Galindo
Permisos Indautor, Licitud y Contenido: En trámite
Todos los materiales son responsabilidad exclusiva de quien los firma.