

# Mercurio Volante



40

SUPLEMENTO ESPECIAL

hipócritalector

Año III, Junio 2025

## GLACIARES, ¿EL FIN DE UNA ERA?



# EL SANTO GRIAL DE LA QUÍMICA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

## Un balance entre rigor y sustentabilidad

CARLOS NARANJO CASTAÑEDA  
CARLOS COELLO COELLO  
EUSEBIO JUARISTI

**L**a química, ciencia que busca entender y manipular la materia a nivel molecular, ha sido durante mucho tiempo fundamental para resolver algunos de los desafíos más apremiantes de la humanidad. Sin embargo, en la búsqueda de rigor y eficiencia, la química a menudo se ha enfrentado a un dilema: ¿cómo lograr la sustentabilidad sin comprometer el rigor científico necesario en el desarrollo de nuevos procesos químicos?

En un mundo donde la tecnología avanza a pasos agigantados, la Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en una herramienta fundamental para el progreso científico, que además puede, en principio, contribuir a forjar un futuro sustentable. ¿Estamos cerca de encontrar el "Santo Grial" de la química, en su búsqueda del bienestar y de la supervivencia de la humanidad? En este artículo, exploraremos cómo la IA está coadyuvando a mejorar el avance de la química, incluyendo el desarrollo de fármacos más eficientes y la optimización de los procesos de producción industrial.



Durante mucho tiempo, la química tradicional ha recurrido a métodos de prueba y error, lo que ha resultado en tiempos prolongados de la investigación requerida para alcanzar resultados exitosos y reproducibles. Sin embargo, a pesar de los notables logros alcanzados por la química, la síntesis racional de moléculas con propiedades específicas sigue presentando un desafío significativo.

La dificultad inherente para la comprensión de la relación entre la estructura de las moléculas y sus propiedades y la ausencia de un marco teórico que permita anticipar la viabilidad de un proyecto de síntesis química, así como el rendimiento de la formación del producto final son algunos de los principales obstáculos que los científicos enfrentan para la preparación de nuevos compuestos químicos.

Por otro lado, la contaminación ambiental generada por la actividad humana representa una amenaza muy grande para la supervivencia de la humanidad, lo que significa un impacto negativo, que en algunos casos supera los beneficios que aportan los bienes y productos obtenidos mediante la química. Por ejemplo, aunque las medicinas producidas en las empresas farmacéuticas han sido fundamentales para controlar un gran número de enfermedades, esta tecnología también ha generado riesgos importantes para el medio ambiente. En este sentido, la falta de una comprensión integral global del problema y de los riesgos asociados con el manejo de sustancias químicas son retos importantes para la aplicación sustentable de la química.



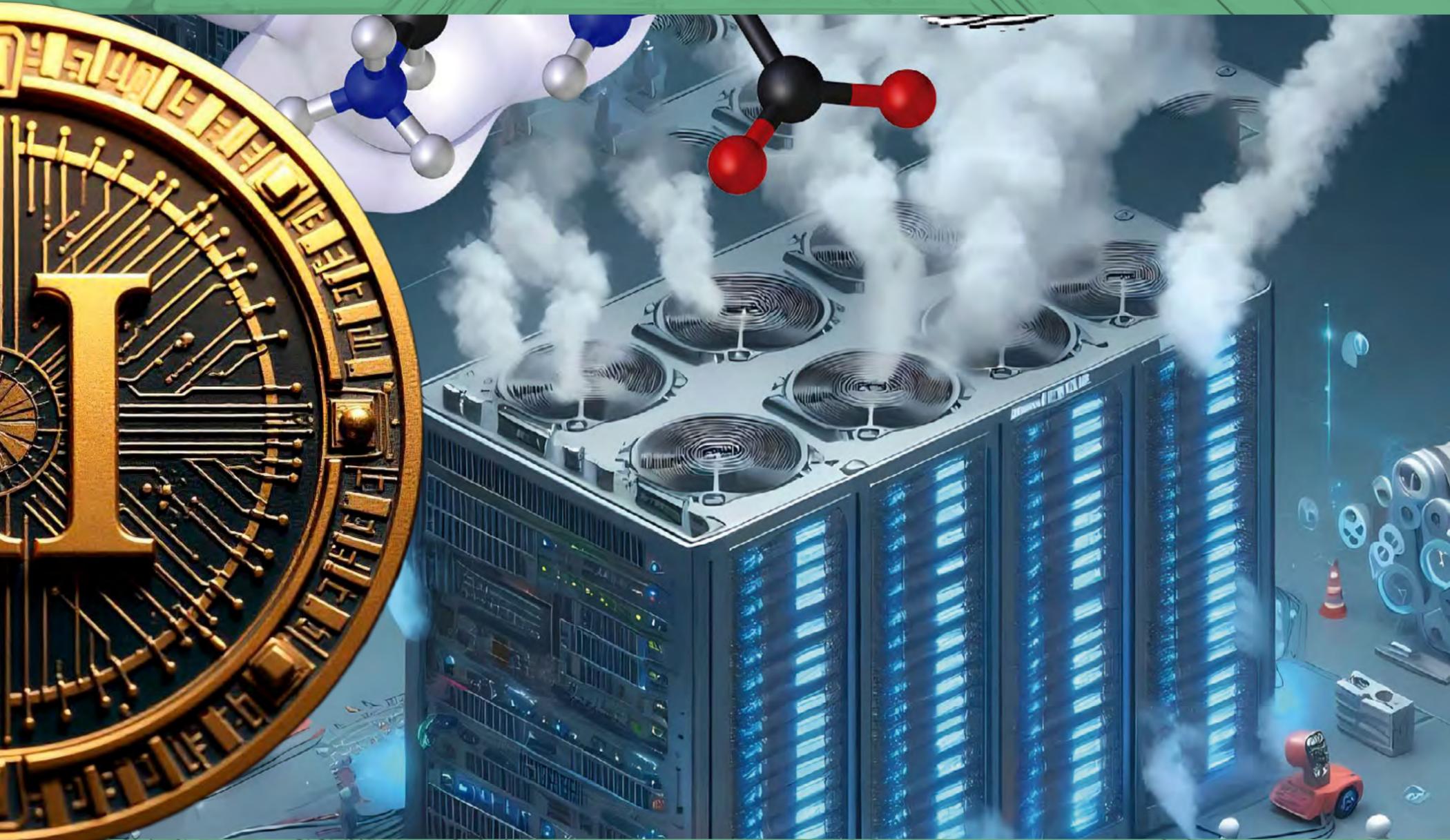
Es aquí donde la IA emerge como una herramienta clave para maximizar la eficiencia de los procesos químicos y minimizar los impactos ambientales negativos. Sin embargo, su implementación requiere una gran capacidad computacional que depende de fuentes de energía no renovables, lo que puede contrarrestar los beneficios de sustentabilidad que busca proporcionar.

#### Pasando de la IA roja a la IA verde

El aprovechamiento de la IA para el desarrollo y producción sustentable de fármacos constituye un desafío complejo, similar a la búsqueda del Santo Grial por el Rey Arturo y sus caballeros, donde la innovación tecnológica y la conciencia ambiental deben ir de la mano.

En particular, es esencial tomar en cuenta el impacto ambiental que la implementación misma de la IA puede ocasionar. Por ejemplo, el entrenamiento de modelos de IA puede generar hasta 270,000 kg de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), debido a la gran cantidad de datos y procesamiento computacional requerido para aprender patrones y hacer predicciones. Esto se traduce en un alto consumo de energía en centros de datos y servidores, que en gran medida dependen de fuentes de energía no renovables. A medida que la complejidad de los modelos teóricos aumenta, se incrementa también la energía requerida para su funcionamiento y, por lo tanto, la cantidad de  $\text{CO}_2$  producida. Esto se manifiesta en la llamada *huella de carbono*, que mide la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente como consecuencia de las actividades humanas, incluyendo el  $\text{CO}_2$  y el metano ( $\text{CH}_4$ ), entre otros.





En un futuro cercano, tan próximo como el año 2030, se prevé que la IA consumirá más del 30% de la energía utilizada para todas las actividades humanas a nivel mundial. Pero, ¿por qué la IA requiere tanta energía? La respuesta se encuentra en la complejidad de los procesos computacionales involucrados. Específicamente, la aplicación de la IA involucra procesar enormes cantidades de datos y realizar cálculos intensivos, lo que demanda una gran cantidad de energía para alimentar los centros de datos y servidores. Además, se realiza un enorme consumo de agua para poder enfriar los servidores durante el entrenamiento y uso de los modelos de IA actuales (p.ej., cuando se usa IA Generativa).

En este contexto, existen dos enfoques opuestos en el desarrollo de la inteligencia artificial: la IA Roja y la IA Verde. Podemos pensar en la IA Roja como un caballero del rey Arturo que se lanza a la batalla sin tomar en cuenta el costo de su cruzada, priorizando la precisión de su tarea a cualquier precio y sin considerar el impacto ambiental del gran costo energético involucrado. Al igual que al lograr el triunfo militar con un terrible costo en vidas humanas, el desarrollo de un nuevo fármaco mediante IA puede tener beneficios significativos en las áreas de la salud y las ciencias exactas, pero la *huella de carbono* en el proceso será considerable por lo que debe ser mitigada.

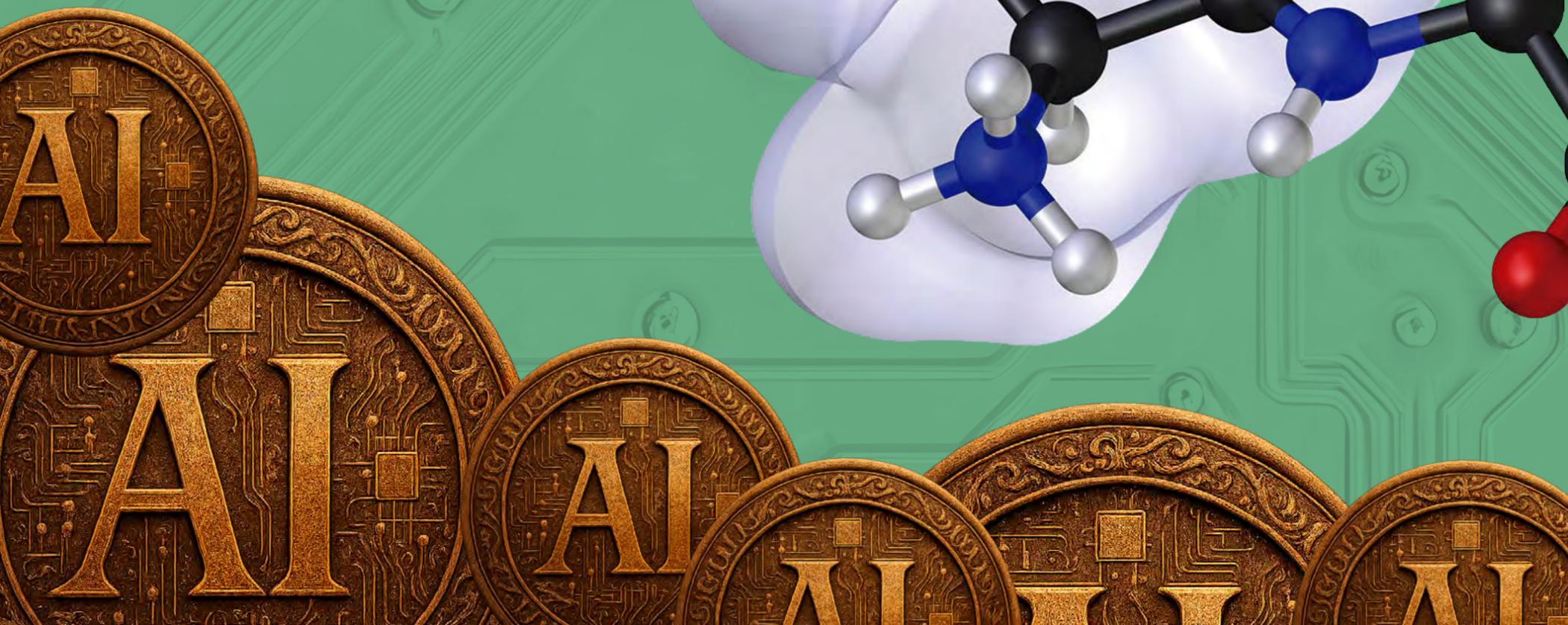


Por el contrario, la IA Verde representa un enfoque más razonado y consciente que busca la eficiencia, pero manteniendo la armonía con la naturaleza. La IA Verde se caracteriza por una baja *huella de carbono*, así como por generar datos de mayor calidad, utilizando modelos teóricos, que involucran menor complejidad computacional. Al desarrollar soluciones innovadoras sin aumentar el costo computacional, la IA Verde puede tener un impacto positivo tanto en la precisión de las predicciones obtenidas como en la protección del medio ambiente.

La clave del éxito consiste en conseguir un balance entre la confiabilidad y la sustentabilidad, respetando ambos criterios en la planeación de la investigación. Esto significa aprovechar soluciones de IA que no solo sean eficientes en las aplicaciones de interés, sino que también consuman menos energía. Lograr este equilibrio es crucial para garantizar que el empleo de la IA contribuya a alcanzar las metas de sustentabilidad, en lugar de exacerbar los problemas apremiantes de escasez de recursos naturales.

En efecto, la creciente necesidad de modelos computacionales más robustos y eficientes ha conducido a un aumento en el consumo de energía. Esto se debe en gran medida al uso de procesadores especializados como las Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU) y las Unidades de Procesamiento Tensorial (TPU), que son fundamentales para la ejecución eficiente de los algoritmos de IA. Por ejemplo, las GPU son los procesadores de alto desempeño que manejan gráficos y cálculos en videojuegos y otras aplicaciones, mientras que las TPU están diseñadas para procesar grandes cantidades de datos y realizar cálculos matemáticos de gran precisión. Estos procesadores consumen grandes cantidades de energía para realizar cálculos matemáticos complejos y procesar grandes cantidades de datos, lo que puede tener un impacto ambiental significativo, especialmente cuando se aplican a tareas como la interpretación de datos científicos.

*La clave del éxito consiste en conseguir un balance entre la confiabilidad y la sustentabilidad, respetando ambos criterios en la planeación de la investigación. Esto significa aprovechar soluciones de IA que no solo sean eficientes en las aplicaciones de interés, sino que también consuman menos energía. Lograr este equilibrio es crucial para garantizar que el empleo de la IA contribuya a alcanzar las metas de sustentabilidad, en lugar de exacerbar los problemas apremiantes de escasez de recursos naturales.*



### Para descifrar el lenguaje de las moléculas

La búsqueda de procesos químicos eficientes y sostenibles ha sido un desafío persistente para los científicos. Sin embargo, la IA ha abierto una nueva puerta para descubrir los secretos de la química, a fin de poder aprovecharlos en la conquista del Santo Grial, es decir, para mejorar la eficiencia química estando acompañada con sustentabilidad y protección del medio ambiente. La clave para alcanzar esta meta radica en la calidad de los datos proporcionados a la computadora durante su “entrenamiento” y la posterior conversión de propiedades moleculares en formatos numéricos, lo que permite a las máquinas analizar y procesar grandes cantidades de datos químicos de manera eficiente.

Aunque para los humanos puede ser muy difícil encontrar tendencias claras entre grandes conjuntos de datos, los algoritmos de IA sí que son capaces de identificar patrones y relaciones encubiertas para los humanos. Al procesar datos relacionados con propiedades químicas, los algoritmos de IA pueden desentrañar los enigmas de la química sustentable y alcanzar objetivos beneficiosos para la humanidad.

Te lo explicamos de la siguiente manera: las moléculas son como piezas de un rompecabezas, cada una con su propia forma y características únicas. Al igual que un rompecabezas, las moléculas tienen diferentes componentes y estructuras que reaccionan de manera específica para formar nuevas moléculas. ¿Cómo podemos entender y describir las moléculas de manera que los algoritmos de IA puedan leer y procesar esta información?

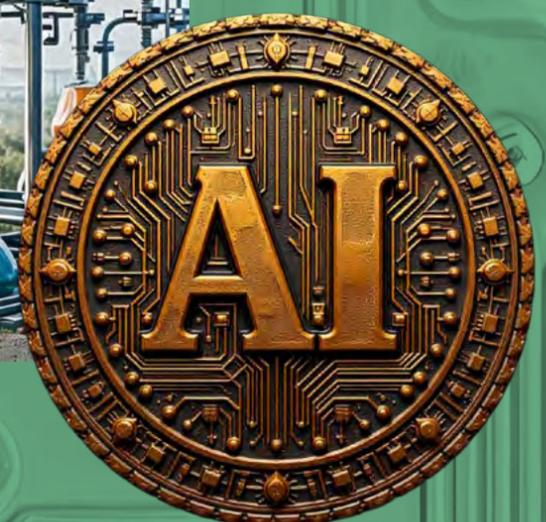
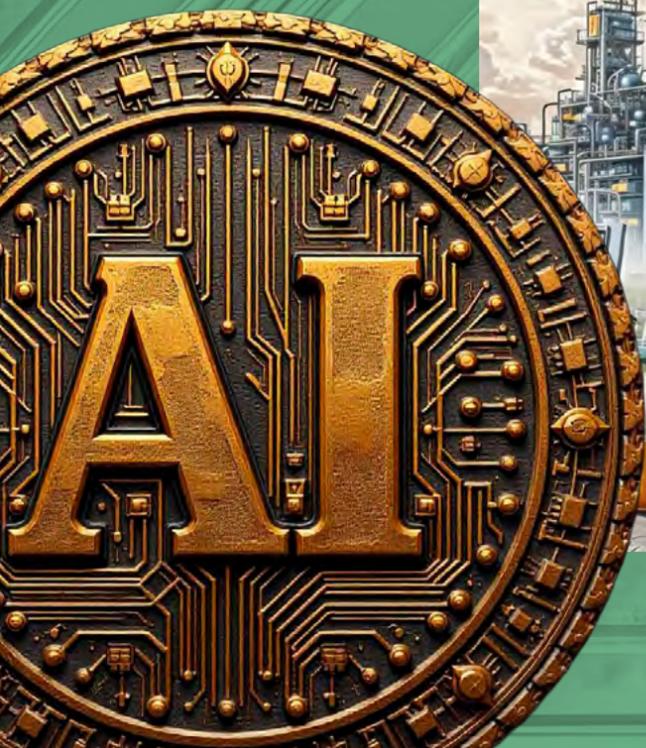
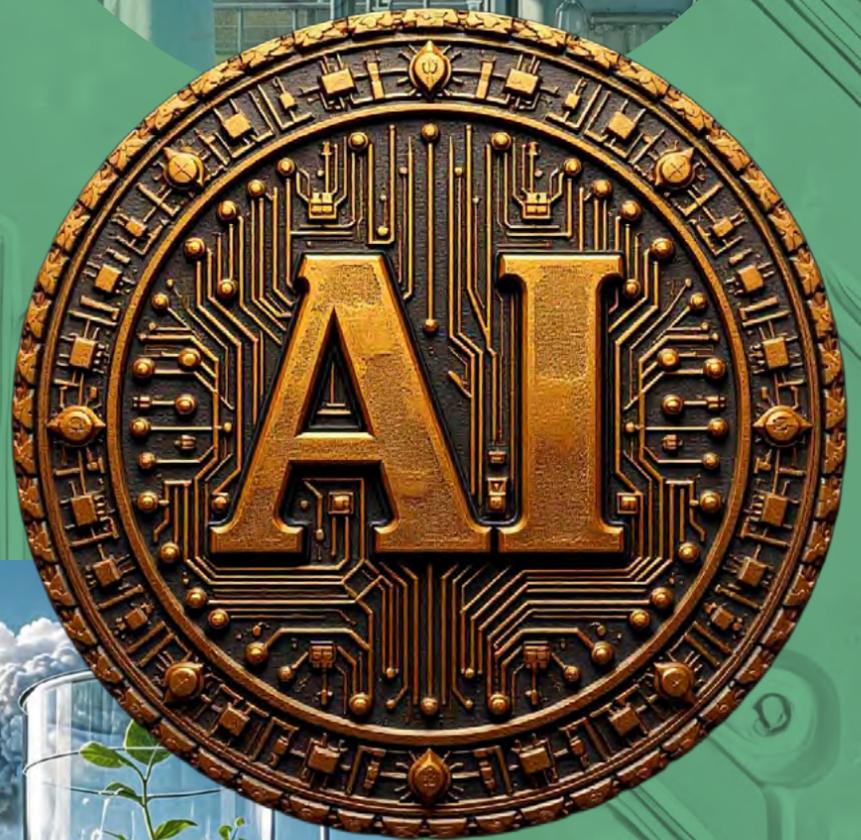
Las moléculas presentan propiedades específicas (como son la solubilidad, el punto de fusión y la reactividad, etc.) que son como sus “huellas digitales” características. Para identificar estas propiedades, los científicos utilizan técnicas especiales, como son la difracción de rayos-X, que es como una “radiografía” que muestra la estructura de las moléculas. También se utiliza la resonancia magnética nuclear (RMN), que provee información acerca de los diferentes átomos constituyentes y su “ambiente” en el entorno molecular, así como la espectroscopía de infrarrojo (IR), que es como un “escáner” que analiza la luz que emiten o absorben los diferentes tipos de segmentos presentes en las moléculas.



Por otro lado, la espectrometría de masas (EM), es como una “balanza” que pesa las moléculas, así como los fragmentos que las conforman. Estos datos son fundamentales para que los científicos puedan conocer la estructura de las moléculas y entender cómo funcionan. En efecto, el proceso que se sigue para diseñar nuevas moléculas y proponer rutas de síntesis idóneas es similar al que se sigue para armar un rompecabezas, donde cada pieza es una molécula con propiedades únicas, que determinarán la manera en la que pueden ser modificadas para dar lugar a nuevas moléculas con sus propias propiedades. En este sentido, la IA representa dichas propiedades mediante formatos numéricos, que los algoritmos pueden identificar y clasificar conforme a patrones, lo que puede llevar a descubrir aplicaciones innovadoras.

#### La Química verde

La búsqueda del Santo Grial de la química verde ha llevado a los científicos a una situación favorable que hará posible reducir el impacto ambiental y mejorar la sustentabilidad en la investigación química. De esta manera, la investigación basada en observaciones experimentales combinada con los resultados de estudios teóricos que aprovechan tanto la IA como la inteligencia humana, seguramente hará posible que el desarrollo futuro de la química sea amigable con el medio ambiente y considerado con el bienestar de los seres vivos.





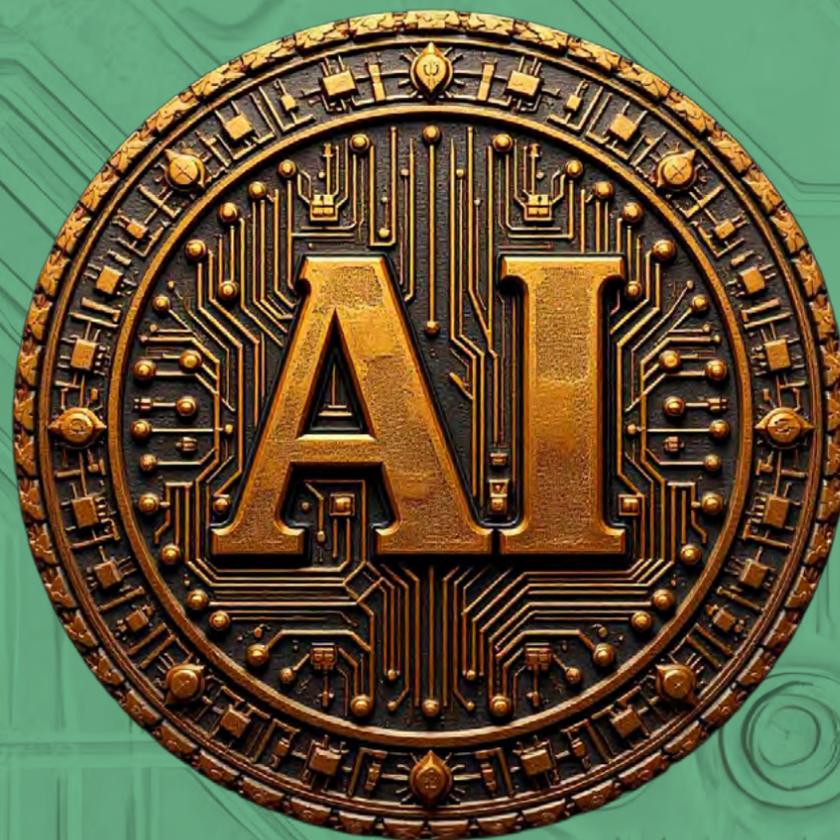
Así pues, la IA desempeña un papel crucial en la optimización de los procesos químicos buscando minimizar el impacto ambiental. Puede anticiparse que robots provistos con IA podrán predecir los resultados de reacciones inéditas y sugerir condiciones óptimas para minimizar la formación de residuos y para reducir la toxicidad de nuevas sustancias sintéticas. Además, la IA puede ayudar a seleccionar disolventes más seguros y sustentables para llevar a cabo las reacciones químicas de interés y diseñar vías para su preparación que sean eficientes y no den lugar a productos contaminantes.

En este contexto, los laboratorios autónomos, que son espacios equipados con robots y sistemas de IA capaces de realizar tareas de manera independiente y automatizada, han sentado las bases para realizar procesos químicos de manera acelerada y sustentable. En estos laboratorios, los robots controlados por IA pueden además examinar, clasificar y reensamblar equipos de laboratorio defectuosos, evitando la acumulación de residuos electrónicos, limitando la generación de sustancias tóxicas, y por supuesto, protegiendo al personal de laboratorio.

#### IA verde

La IA verde es un nuevo paradigma que busca reducir el impacto ambiental y la *huella de carbono* de las tecnologías de producción en las empresas químicas. Esto se logra mediante la optimización de algoritmos, la mejora de la eficiencia del hardware y la adopción de prácticas sustentables durante la gestión de datos.

La IA verde puede ayudar a reducir el consumo energético y mejorar la sustentabilidad en diferentes áreas, tales como las redes inteligentes que optimizan la distribución y consumo de energía eléctrica, optimizando la eficiencia energética en edificios e instalaciones. Así mismo, la actualización del hardware es fundamental para reducir el consumo energético de la IA, y se puede lograr mediante el uso de tecnologías eficientes como las GPU y las TPU de última generación. Por último, la paralelización de los equipos de cómputo entre varios cúmulos de procesamiento evita la transmisión de los datos redundantes a la nube digital, reduciendo así el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

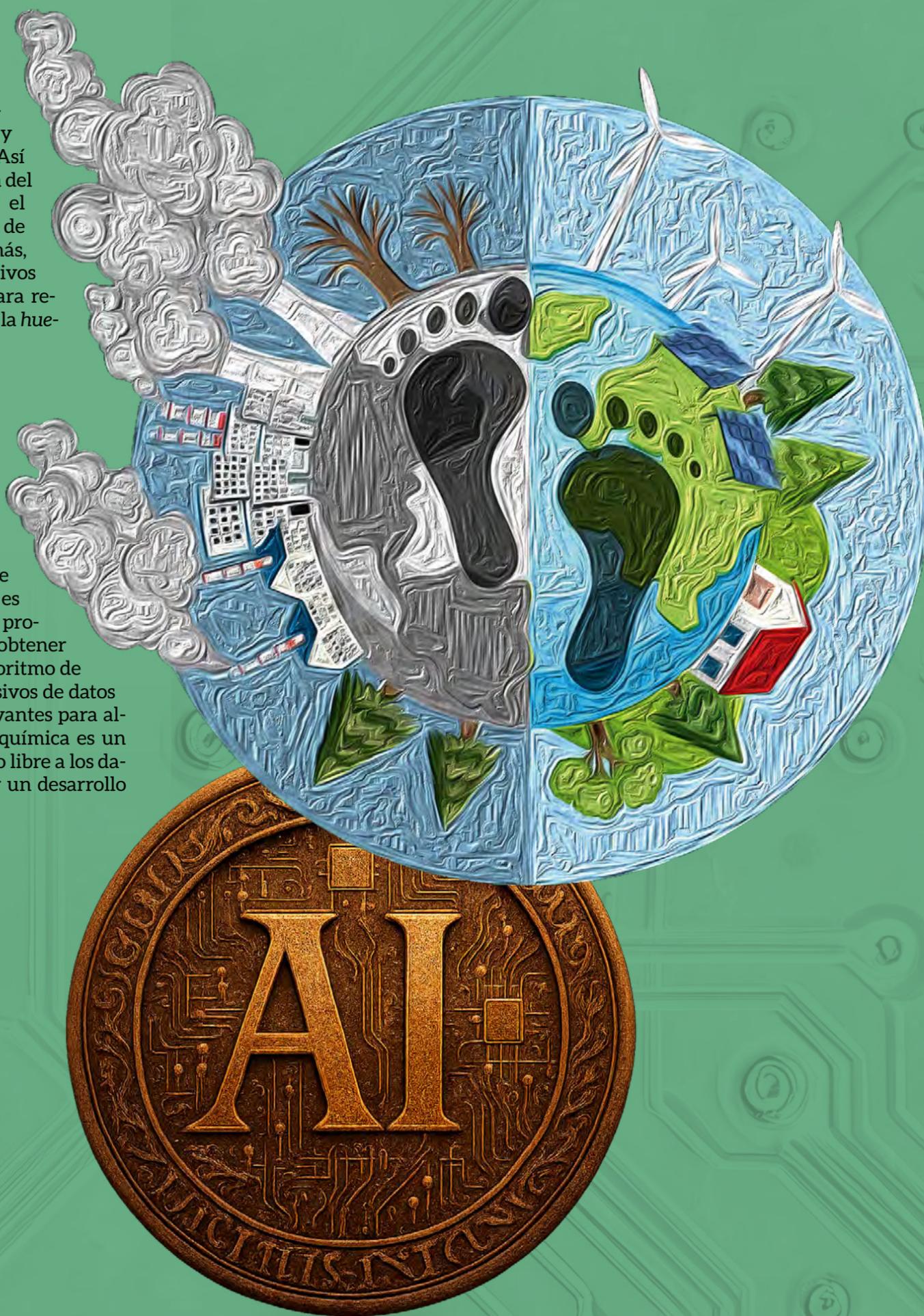


*La IA verde es un nuevo paradigma que busca reducir el impacto ambiental y la huella de carbono de las tecnologías de producción en las empresas químicas. Esto se logra mediante la optimización de algoritmos, la mejora de la eficiencia del hardware y la adopción de prácticas sustentables durante la gestión de datos.*

Cabe señalar que se han desarrollado otras estrategias para abordar los desafíos asociados con la protección ambiental. Una de ellas es la reducción de multidimensionalidad de los datos de entrada, que consiste en organizar los datos de manera secuencial con base en su relevancia para facilitar su análisis y reducir su complejidad. Esto permite ordenar de manera eficiente la información relevante, lo que a su vez reduce el tiempo y la energía necesaria para procesarla. Así mismo, se ha demostrado la conveniencia del uso de autocodificadores para eliminar el “ruido” de los datos y mejorar la eficiencia de las simulaciones correspondientes. Además, la optimización de experimentos reiterativos y su análisis también es fundamental para reducir el consumo de energía y minimizar la huella de carbono.

#### Un objetivo ambicioso

El desarrollo de la química sustentable potenciado por IA es un objetivo ambicioso que requiere de métodos del estado del arte para el entrenamiento del robot (o algoritmo inteligente en general) durante el manejo de grandes cantidades de datos. Aunque existen ejemplos promisorios para la integración de técnicas dirigidas por IA en la química, es esencial confirmar la confiabilidad de los procedimientos de aprendizaje para lograr obtener reacciones razonables y fiables por el algoritmo de IA. La poca disponibilidad de bancos masivos de datos que sean de alta calidad y que sean relevantes para alcanzar los objetivos de la investigación química es un obstáculo importante, por lo que el acceso libre a los datos originales es esencial para garantizar un desarrollo generalizado y equitativo de la IA.



*Cabe señalar que se han desarrollado otras estrategias para abordar los desafíos asociados con la protección ambiental. Una de ellas es la reducción de multidimensionalidad de los datos de entrada, que consiste en organizar los datos de manera secuencial con base en su relevancia para facilitar su análisis y reducir su complejidad. Esto permite ordenar de manera eficiente la información relevante, lo que a su vez reduce el tiempo y la energía necesaria para procesarla.*

En este sentido, la colaboración internacional es fundamental para aprovechar los avances tecnológicos y gestionar los recursos de una manera global. Se puede argumentar justificadamente que es muy importante garantizar la participación de diferentes países con diversos grados de desarrollo y que los proveedores de IA deben ofrecer tecnologías que sean accesibles a nivel mundial. El objetivo es establecer un foro abierto para que los científicos, las industrias y los usuarios en general intercambien experiencias, ideas y recursos para llevar a cabo procesos químicos verdaderamente útiles y sustentables.

En resumen, la comunidad científica que trabaja en el campo de la química sustentable busca soluciones innovadoras que minimicen la *huella de carbono* originada en los procesos químicos, con una motivación inspirada en la búsqueda legendaria del Santo Grial por parte de los caballeros en la mesa del Rey Arturo. Al igual que los grandes líderes de antaño, los científicos persiguen un objetivo ambicioso: revolucionar la química apoyados en la IA para hacer posible la cimentación de un futuro más sustentable. La convergencia de una conciencia ambiental y la disponibilidad de técnicas de IA seguramente hará posible exitoso y sustentable de la química de manera que sus contribuciones sean cada vez más valiosas.



#### CARLOS NARANJO CASTAÑEDA

Investigador del Departamento de Química en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).

#### CARLOS A. COELLO COELLO

investigador del Departamento de Computación (Cinvestav) especializado en algoritmos de optimización multiobjetivo. Ha recibido la Medalla Presidencial de Ciencias (2012) y el Premio de la Academia Mundial de Ciencias (TWAS) en 2016. Pertenece a El Colegio Nacional.

#### EUSEBIO JUARISTI

Investigador del Departamento de Química en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), pertenece a El Colegio Nacional.



#### LECTURAS RECOMENDADAS:

- Naidu, R., Biswas, B., Willett, I. R., Cribb, J., Singh, B. K., Nathanail, C. P., Coulon, F., Semple, K. T., Jones, K. C., Barclay, A., Aitken, "R. J. Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity", *Environ. Int.* **2021**, 156, 106616. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106616>.
- Bolón-Canedo, V., Morán-Fernández, L., Cancela, B., Alonso-Betanzos, A. "A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future", *Neurocomputing.* **2024**, 599, 128096. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128096>.
- Naranjo-Castañeda, C., Coello-Coello, C. A., Juaristi, E. "Application of artificial intelligence and machine learning methods in drug discovery and development". (Review). *Arkivoc.* **2024**, 202412195. <https://doi.org/10.24820/ark.5550190.p012.195>



# Mitos cuánticos

# MULTIVERSOS

GERARDO HERRERA CORRAL

**E**n 1954, un joven estudiante de la Universidad de Princeton llamado Hugh Everett presentó, como trabajo para obtener el título de Doctor en Ciencias, una manera de evitar el misterioso “colapso de la función de onda” en la mecánica cuántica.

El colapso de la función de onda es la explicación estándar, ampliamente aceptada, pero poco entendida, según la cual en fenómenos microscópicos la naturaleza parece elegir una de las opciones que el sistema puede ser. Esa misteriosa elección ocurre justo en el momento de observar. El hecho de que la medición provoque el colapso y defina el estado del sistema incomoda a propios y extraños porque la actividad científica siempre ha partido del principio de que la realidad es independiente del observador.

Hugh Everett propuso que no existía un tal colapso. Planteó que, en realidad, se realizan todas las opciones. De esa manera no es necesario pensar que lo observable se precipita hacia lo que finalmente veremos. Si ese incomprensible fenómeno no existe, entonces no es necesario torturarse sobre la manera como tal cosa puede ocurrir.





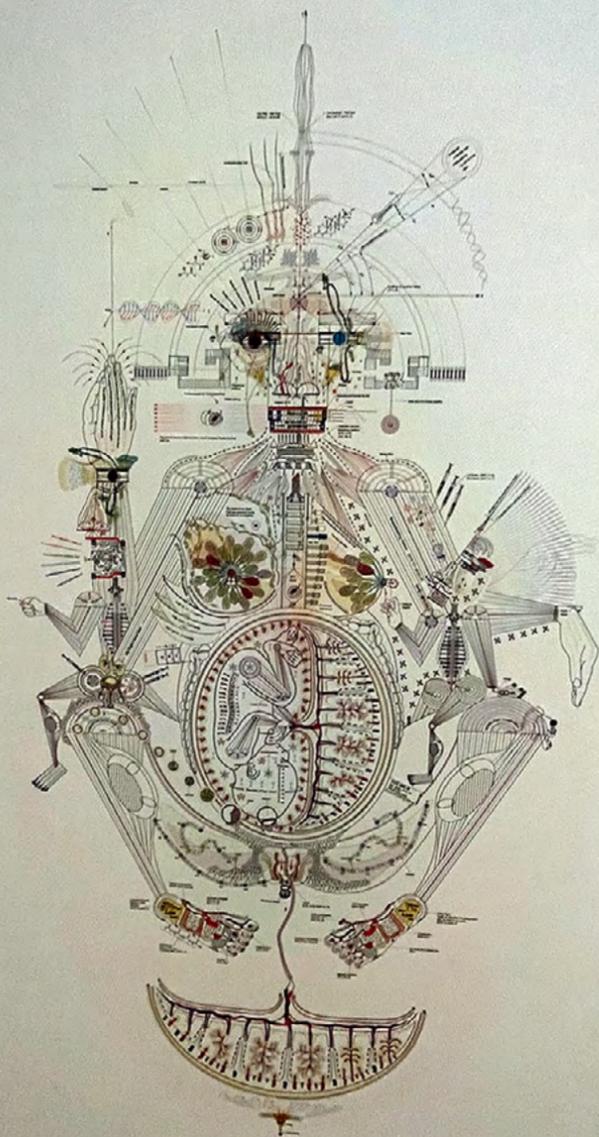
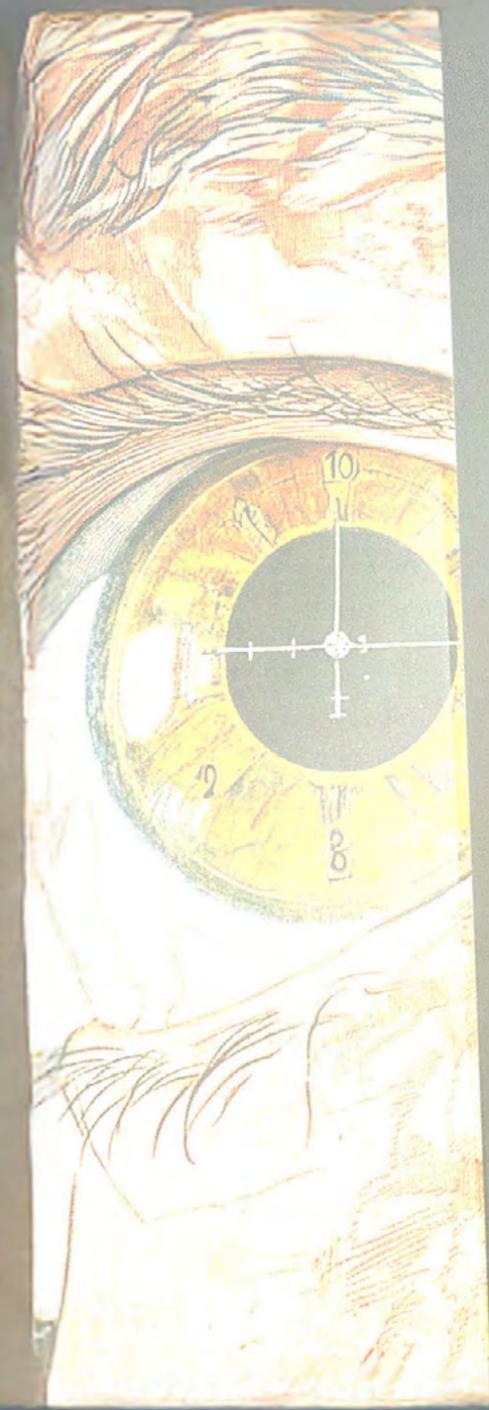
La idea de Everett era que, en cada ocasión que una observación se efectúa, se generan universos que llevan consigo todos los resultados posibles. La naturaleza consta, pues, de un sinnúmero de universos que contienen todas las alternativas de todas las mediciones.

La idea se convirtió en un mito y ha tenido un éxito inesperado en la cultura popular, aparece en el cine continuamente, es la noción actora, rectora y central en buena parte de la literatura; la gente ya incorporó en sus conversaciones la posibilidad de que algo de sus vidas ocurra en un universo paralelo. Sin embargo, para la física ésta es solo una propuesta especulativa que no termina por convencer y con la que no se puede hacer mucho.

Everett trabajó en eso hasta darle un marco teórico formal. Wheeler se encargó de organizar un viaje a Copenhague para que el joven físico platicara con el patriarca de la mecánica cuántica, Niels Bohr, quien se enteró y fue renuente a recibirlo, experiencia que resultó frustrante para el creador de esa vesania, que, en el mejor de los casos, fue tachada por todos como improbable.

Se dice que fue entonces, mientras esperaba en el hotel a que Bohr encontrara algún hueco en su agenda, cuando Everett inventó un algoritmo de optimización que se puede aplicar a tareas comerciales y militares. Ese desarrollo le daría un éxito económico considerable y decidió abandonar la física para no volver nunca más.

*La idea se convirtió en un mito y ha tenido un éxito inesperado en la cultura popular, aparece en el cine continuamente, es la noción actora, rectora y central en buena parte de la literatura; la gente ya incorporó en sus conversaciones la posibilidad de que algo de sus vidas ocurra en un universo paralelo. Sin embargo, para la física ésta es solo una propuesta especulativa que no termina por convencer y con la que no se puede hacer mucho.*



Hay quien dice que la frustración de no ser tomado en serio con su propuesta de multiversos lo conduciría al tabaco y el alcohol para terminar con su vida a la temprana edad de 51 años, **víctima de un infarto**. Él pidió que sus cenizas fueran arrojadas al basurero, **y así se hizo**.

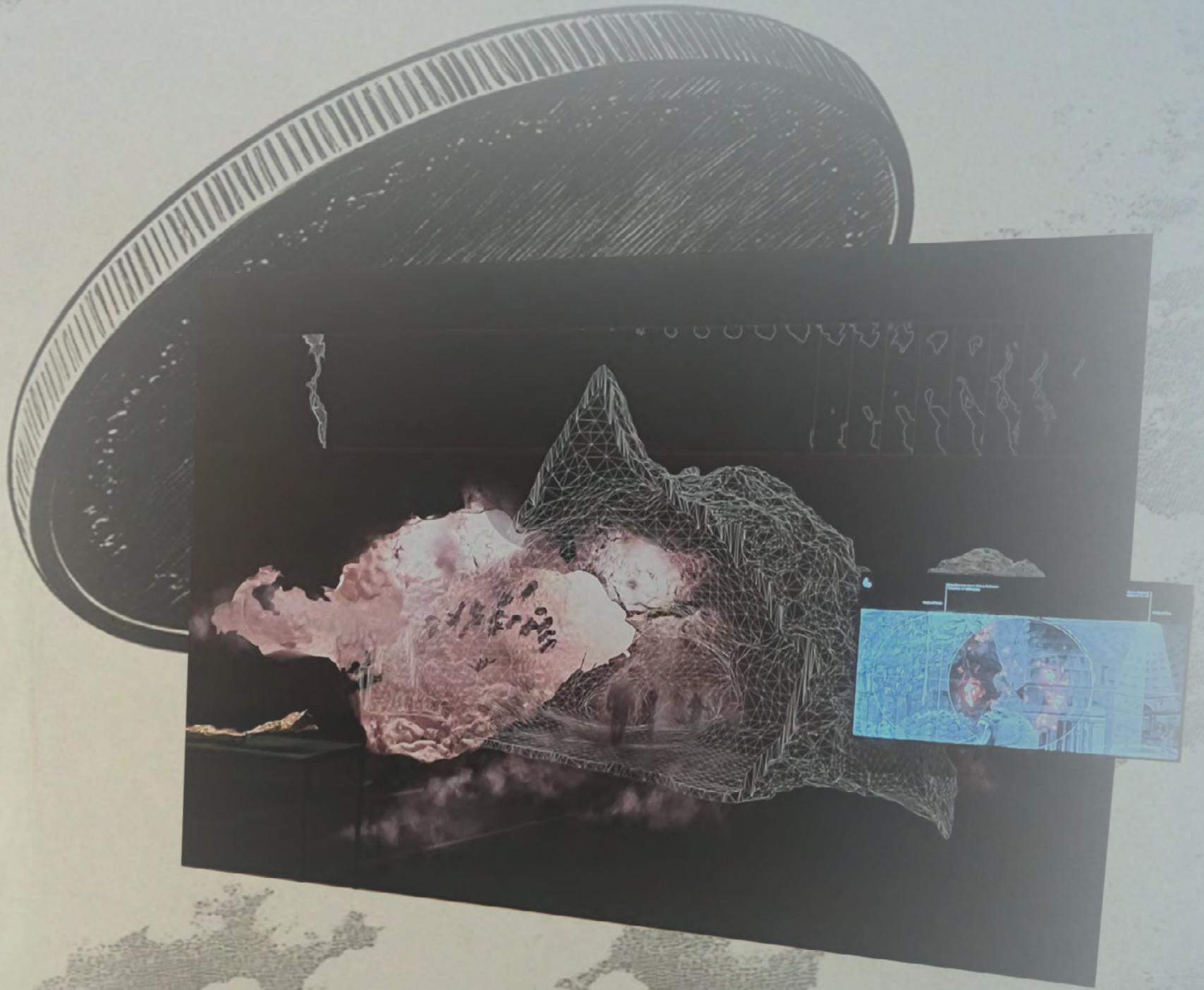
Años después, su hija Elizabeth, que padecía de esquizofrenia, acabaría con su vida; su suicidio fue precedido por una carta de despedida, en la que pedía que sus cenizas también fueran arrojadas a la basura. De esa manera, ella misma acabaría en el "universo paralelo correcto que le permitiría reencontrarse con su padre".

Su hijo Mark, vocalista de un grupo de rock, ha descrito a su padre como inaccesible, depresivo y ausente. De acuerdo con Mark, la niñez de su padre transcurrió en la soledad y la distancia.

En la década de los años de 1970, Wheeler y otro de sus estudiantes, Bryce De Witt, dieron a conocer el trabajo de Everett con el nombre de "Interpretación de muchos mundos".

De acuerdo con esta manera de ver a la mecánica cuántica, en cada ocasión que hacemos una medición el universo se divide y crea un universo alternativo, en el que el resultado de esa medición posible se realiza. Otra manera de verlo es que todas y cada una de las opciones que los fenómenos tienen de ocurrir lo harán en universos paralelos. Así, por ejemplo, si se lanza una moneda al aire, en un universo veremos cómo cae el "águila", mientras que en otro universo la moneda cae mostrando el "sol".





Hugh Everett es ahora más conocido en el mundo del entretenimiento, aunque la idea de universos paralelos aparece ya en otras áreas de la física como una idea independiente, con otra fuente de inspiración y otros problemas por resolver. No sabemos cuál es el futuro de la propuesta de muchos mundos, no sabemos si acabará siendo útil para entender la naturaleza. Por lo pronto, es solo un mito.

La controversial tesis doctoral de Everett termina con la sentencia: "Debemos renunciar a la esperanza de encontrar una teoría correcta de las cosas... simple y sencillamente porque no tenemos acceso a la totalidad de las cosas ni experimentamos todo lo que hay".

En esto muchos estamos de acuerdo, y la historia de la física nos ha mostrado que, efectivamente, no vemos todo lo que está.

---

**\*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).



# QUÍMICAS ELEMENTALES

## MUJERES Y LA TABLA PERIÓDICA

Poco se sabe de las mujeres que, ya sea directa o indirectamente, han estado involucradas en la investigación y descubrimiento de los elementos químicos encontrados en la naturaleza, en aquellos que se han producido de manera artificial en laboratorio, así como en las diversas formas que adoptan. Nuestra apreciada colaboradora, Carmina de la Luz Ramírez, escribió un espléndido ensayo sobre algunas de esas mujeres en el número 16 (Junio de 2023) de este Mercurio Volante. Ahora Rosalía Pontevedra nos recuerda a algunas de ellas y nos habla de otras aún más desconocidas, así como de la resonancia que ha tenido su labor, a pesar de todo.

ROSALÍA PONTEVEDRA

Entre las mujeres que resolvieron dudas y abrieron nuevas interrogantes en el conocimiento de las estructuras fundamentales a partir de las cuales surgen los elementos químicos destacan **Marie Curie** y **Lise Meitner**. Marie dio pasos significativos para entender la naturaleza y efectos de los elementos radiactivos, mientras que Elise fue la primera persona en encontrar una forma isotópica del protactinio.

Al igual que Marie, Lise consiguió superar obstáculos sociales, incluso el rechazo de ésta para trabajar con ella, si bien el talento de Lise fue reconocido por el químico Otto Hahn, con quien colaboró y descubrió la fisión nuclear del uranio y del torio, trabajo por el cual Hahn recibió el premio Nobel de Química en 1944, ella no.

Marie detectó a principios del siglo, junto con su esposo, Pierre, el radio y el polonio, cosa que les valió el codiciado premio. Recordemos que ella ganó también el de Química años más tarde. Tan profunda fue su aportación que tanto Marie como Lise fueron inmortalizadas con nombres de elementos, curio por Marie y Pierre, y meitnerio por Lise.



El curio es uno de los pocos elementos sintéticos de la tabla. Su forma metálica, dura, densa, adopta tonos entre plateados y blanquecinos. Es maleable y reacciona en términos químicos. Al contacto con el aire su superficie se oxida con rapidez y forma una delgada película. La mayoría de los compuestos en los que participa son estables y adquieren matices amarillentos a verdosos. Pertenece al grupo de los actínidos, si bien sus propiedades químicas lo acercan tanto a las tierras raras que podría confundirse con uno de estos elementos, excepto por la radiactividad del curio.

La primera vez que se obtuvo fue en 1944, en el acelerador de partículas localizado en Berkeley, California, por Glenn T. Seaborg, Ralph A. James y Albert Ghiorso. Bombardearon plutonio ( $^{239}\text{Pu}$ ) con partículas alfa en el ciclotrón. Cada reacción nuclear produjo un neutrón, además de un átomo de  $^{242}\text{Cm}$ . Este isótopo del curio existe 162.8 días. Resultaba tan difícil separarlo del americio que lo llamaron "delirio", antes de adoptar su nombre oficial en memoria del matrimonio Curie. Al americio lo llamaban "pandemonio". Una de las aplicaciones recientes de  $^{244}\text{Cm}$  fue en el espectrómetro que midió la abundancia de elementos químicos en rocas y suelos marcianos.

En cuanto al meitnerio, fue producido por primera vez en 1982, en el Centro para la investigación de Iones Pesados, GSI (por sus siglas en alemán, Gesellschaft für Schwerionenforschung), que se localiza en Darmstadt, Alemania. Se acredita al grupo dirigido por Peter Armbruster y Gottfried Münzenberg el descubrimiento de este y otros elementos pesados.

Para obtenerlo se dispararon iones de hierro contra un blanco de bismuto durante una semana. Durante el proceso se observó un solo átomo del elemento 109, en la forma de isótopo 266, esto es, un átomo formado por 157 neutrones y 109 protones. El nuevo elemento se desintegró en tan solo cinco milisegundos, emitiendo una partícula alfa que, como sabemos, es un núcleo de helio formado por dos neutrones y dos protones.

De los isótopos del meitnerio, el más estable es el 278 (su núcleo está formado por 169 neutrones y 109 protones), cuya vida media es de 7.6 segundos. Aun cuando esto es un tiempo largo en comparación con el tiempo de vida de otros elementos artificiales pesados, no es posible estudiar sus propiedades químicas.





Se piensa que su comportamiento debe ser parecido al de los elementos del grupo 9, como el iridio. Se cree que podría ser sólido a temperatura ambiente y, probablemente, un metal de apariencia plateada. En 1994 se sugirió el nombre de meitnerio a la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) para este elemento químico. La sugerencia fue aceptada en 1997.

Sin embargo, hay otras mujeres poco conocidas más allá de los círculos académicos. Un caso a destacar es el de la rusa **Julia Lermontova**, quien conoció a Dimitri Mendeléyev en Heidelberg, adonde acudían los rusos que aspiraban a educarse en los mejores centros intelectuales de Europa.

Gisela Boeck nos cuenta en su libro *Women in their Element* que Julia potenció su talento al perfeccionar un método para estudiar los metales de la serie del platino, pues separarlos de las vetas minerales resultaba muy complicado. Así, a sugerencia del mismo Mendeléyev, dedujo los pesos atómicos del rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino, ayudando de esa manera a la construcción de la tabla periódica de los elementos químicos.

**Berta Karlik** fue una física austriaca contemporánea de Marie Curie y Lise Meitner, cuya gran aportación fue el descubrimiento del ástato o astatino, el más pesado de los halógenos.





**Harriet Brooks** era una estudiante graduada de física que trabajaba con Ernest Rutherford en la Universidad McGill en Montreal, Canadá. Un enigma en ese entonces lo representaba una cierta emanación del radio. En 1901, juntos mostraron que se trataba de un proceso de disipación como un gas pesado, lo que dio la primera prueba de que se podría crear un nuevo elemento durante el decaimiento radiactivo. En 1907, William Ramsay sugirió que tal gas, más tarde llamado radón, pertenecía al grupo de elementos del helio, conocidos hoy como gases nobles.

**Irène Joliot-Curie**, como podéis suponer, era hija de Marie y Pierre. Se hizo merecedora del Premio Nobel de Química junto con su marido, Jean Frédéric Joliot, en 1935, por su investigación acerca de la síntesis de nuevos elementos radiactivos. Su mayor aportación tiene que ver con la radiactividad natural y artificial, la transmutación de los elementos y la física nuclear.

En 1932 irradiaron parafina con polonio. El matrimonio erró en la interpretación de los resultados, si bien, como sucede muchas veces en ciencia, despertó el interés del físico inglés, James Chadwick, quien lo repitió. Sin quererlo, descubrió el neutrón, por lo que ganaría el premio Nobel de Física en 1935. Poco después, en 1934, Irene y Frédéric consiguieron crear radioisótopos artificiales mediante el bombardeo de átomos de boro, aluminio o magnesio con partículas alfa, es decir, núcleos de helio.



**Ida Tacke** descubrió el renio junto con su esposo Walter Noddack. Su departamento en el Physikal Technische Reichsanstalt (Instituto Imperial de Física y Técnica), en Berlín, investigaba dos asuntos trascendentales: uno, la búsqueda del eka-manganeso (Em), el elemento 43, más tarde conocido como masurio (Ma) y hoy en día nombrado tecnecio; dos, encontrar el dvi-manganeso (Dm), el elemento 75 (hoy renio), a fin de completar la tabla periódica concebida por Mendeléyev.

En 1932 dedujo por sus investigaciones experimentales que el núcleo de los átomos podría dividirse, lo que luego se denominó fisión nuclear, pero no pudo demostrarlo, pues a final de cuentas era solo una invitada al laboratorio de su marido, una chica con ideas geniales y nada más.

Dos años después, en 1934, Enrico Fermi y sus colaboradores de la Universidad de Roma anunciaron haber hallado los elementos 93 y 94 luego de colisionar neutrones contra uranio. Ida planteó en un artículo publicado por *Angewandte Chemie* la duda: ¿por qué no suponer que se hubieran producido otros elementos químicos, incluidos algunos más ligeros? En otras palabras, era factible que el núcleo se rompiera en grandes fragmentos. Los físicos desecharon su idea. Fue nominada tres veces al Nobel, aunque nunca lo obtuvo.

**Reatha Clark King** estudió la combustión de mezclas gaseosas de flúor, oxígeno e hidrógeno, encontrando que la particular reactividad del flúor presentaba un uso potencial en propulsores para cohetes, pues algunas de tales mezclas eran tan explosivas que para su manejo era necesario diseñar aparatos y técnicas especiales. Reatha lo hizo.





Una lección de vida la dio **Toshiko Mayeda**. Debido a su ascendencia japonesa, sufrió el sospechismo de la Segunda Guerra Mundial. No obstante ser una modesta técnica, llegó a adquirir maestría en el conocimiento de los radioisótopos del oxígeno. Así, contribuyó a determinar la proporción que existe de tales isótopos en conchas fosilizadas, lo cual permitió deducir las temperaturas de los océanos prehistóricos. Luego adaptó ese método al estudio de meteoritos. Toshiko comenzó lavando instrumentos de vidrio en el laboratorio de Harold C. Urey, Universidad de Chicago, pero su sagacidad la llevó en poco tiempo a encargarse del espectrómetro de masas.

Vale destacar el “detalle” de **Margaret Todd**, sobresaliente médico escocesa de principios del siglo XX que será recordada por haber sugerido al químico Frederick Soddy el término isótopo, cuando éste relató sus investigaciones durante una cena en Edimburgo a la que ella asistió.

Entre las contemporáneas es imprescindible mencionar a **Julie Ezold**, quien es una destacada ingeniera nuclear que participó en la generación del elemento 117, el teneso. Su labor en la producción de radioisótopos es notable.

Muchas más han puesto su granito de sal en la sopa de los elementos químicos, comprobando lo que ya sabíamos: hay chicas con ideas geniales que deben de tomarse en serio.



**ROSALÍA PONTEVEDRA**  
Escritora de ciencia, radica en Madrid.

# Un observador incómodo

ELÍAS MANJARREZ

*Hasta el más bello de los versos nace en la penumbra  
bajo un cielo óseo y agitados ríos escarlata.*

La poesía de la ciencia y la ciencia de la poesía son temas de debate, en los que el observador racional y el poeta creador intercambian miradas como dos espejos enfrentados. Cada uno se refleja en el otro en busca de su identidad.

Por ejemplo, para Borges y Paz, ambas disciplinas comparten la búsqueda del asombro y lo que ocurre en el instante. Por eso crearon poesía que piensa como ciencia y sueña como arte. Otros poetas que nacieron de la ciencia como el geómetra y astrónomo real de la Nueva España, Carlos de Sigüenza y Góngora, y el premio Nobel de Química, Roald Hoffmann, también resaltaron con fervor los matices comunes. Pero no todos comulgan con ese cruce de caminos. Por ejemplo, John Keats pensaba que la racionalidad de la ciencia no era suficiente para comprender de manera profunda la experiencia subjetiva y la realidad.

Muy a menudo la poesía que se inspira en la ciencia suele ser bien recibida, ya que el poeta asume el papel de testigo y de traductor sensible del conocimiento. En cambio, la idea de que la ciencia observe y estudie la poesía desde su propio marco de referencia despierta incomodidad y reservas, lo que ha llevado a un debate aún más amplio en el tema.

Una de las confusiones más comunes es creer que el estudio científico de la poesía se limita a analizar métricas, ritmos y estructuras, como si su propósito fuera enseñar a escribir versos de manera mecánica. Sin embargo, esta creencia resulta muy reduccionista.



*Muy a menudo la poesía que se inspira en la ciencia  
suele ser bien recibida, ya que el poeta asume el papel  
de testigo y de traductor sensible del conocimiento. En  
cambio, la idea de que la ciencia observe y estudie la  
poesía desde su propio marco de referencia despierta  
incomodidad y reservas, lo que ha llevado a un debate  
aún más amplio en el tema.*

Tal concepción puede generar cierta resistencia, como se muestra en la película *La sociedad de los poetas muertos*, donde un profesor de literatura insta a sus alumnos a arrancar las páginas de un libro que analiza la poesía desde un enfoque racional. Su argumento es claro. Este tipo de análisis convierte el acto creativo en una fórmula, cuando en realidad escribir poesía debería ser una expresión libre, ajena a reglas estrictas, como bien lo defendía Walt Whitman y muchísimos poetas de otras generaciones.

En marzo de 2025, Takuma Tanaka [1] realizó un análisis filogenético de la poesía japonesa tanka mediante un modelo de inteligencia artificial del lenguaje. Su estudio abarcó 206,965 poemas incluidos en 496 antologías, escritos entre aproximadamente los años 700 y 1527. Como ejemplo, aquí te muestro un bello poema tanka de Ikkyu Sojun que puede hacerte reflexionar un buen rato:

“La luna es una casa  
En la que la mente es el amo.  
Observa bien:  
Sólo dura la impermanencia.  
Este mundo flotante, también, pasará.”

Una de las ventajas de trabajar con poemas tanka es su brevedad estructural. Están compuestos por cinco versos con un patrón silábico de 5-7-5-7-7. Además, como suelen ser parafraseados y publicados por descendientes a lo largo de generaciones, es posible aplicar métodos de análisis de similitud basados en inteligencia artificial para rastrear patrones de transmisión y transformación textual.

Para ilustrar cómo se transmiten estos poemas, Tanaka presenta un ejemplo en su artículo, comparando un poema de Ariwara (el padre) con otro de su descendiente Kiyohara. A continuación, se muestra una traducción de Google del japonés:

Poeta Ariwara:  
“No hay luna.  
La primavera pasada  
ya no es primavera.  
Mi rostro está solo,  
solo el original.”

Poeta Kiyohara:  
“Hace mucho tiempo,  
en primavera,  
vi lo mismo.”



Tanaka confirmó que la similitud entre poemas tanka se transmite de generación en generación. Sin embargo, descubrió algo revelador. Los poemas que forman parte de antologías imperiales tendían a repetirse con mayor frecuencia, perdurando por más generaciones, sin que su calidad fuera determinante. En cambio, versos de gran valor literario que no aparecieron en esas colecciones oficiales se desvanecieron con mayor rapidez del legado poético. Tanaka sugiere que la creación y permanencia de la poesía tanka está condicionada por un factor que no depende de su calidad. ¿Qué tan factible es que la poesía de otras culturas exhiba el mismo fenómeno?

Los estudios científicos de la poesía también recurren a la resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés), una técnica que mide los cambios en la oxigenación y el flujo sanguíneo como respuesta a la actividad neuronal. De manera metafórica, se podría decir que la ciencia rastrea ríos oxigenados que fluyen por los capilares del cerebro durante la actividad mental.

En otras palabras, la fMRI permite identificar las regiones cerebrales que se activan con mayor intensidad durante el acto de crear. De este modo, la ciencia no solo contempla la obra estética, sino que también se asoma al interior del poeta, en el instante mismo en que la poesía nace.

Un estudio de fMRI realizado por Liu y colegas en el 2015 [2], reveló que el cerebro de los poetas expertos y principiantes funciona de forma diferente al escribir. Los expertos logran “apagar” ciertas zonas de control mental para dejar fluir la creatividad, mientras que los novatos las mantienen activas. Aunque usan las mismas regiones cerebrales, sus conexiones varían, lo que podría explicar por qué los expertos producen poesía de mayor calidad.





Resulta muy interesante que esta capacidad de los cerebros de los poetas expertos para “desactivar” ciertas áreas de control mental esté relacionada con las funciones ejecutivas, un conjunto de procesos neuronales inhibitorios que regulan el pensamiento y la conducta [3]. Mas adelante explicaré lo que son las funciones ejecutivas.

Un impresionante estudio de Chen y colaboradores (2025) [4] refuerza esta idea al mostrar que la creatividad está profundamente ligada a la capacidad del cerebro para alternar con agilidad entre dos redes neuronales clave, la red por defecto, vinculada al pensamiento espontáneo e introspectivo, y la red de funciones ejecutivas, relacionada con el control cognitivo.

Lo más revelador es que no se trata de usar una u otra red, sino de mantener un equilibrio dinámico entre ambas. En este trabajo [4], el más amplio realizado hasta la fecha sobre creatividad y neuroimagen, con más de 2400 participantes de diversas culturas, los investigadores hallaron que el número de “cambios” entre estas redes predecía con mayor precisión la creatividad de una persona que su inteligencia. Así, la creación poética parecería surgir no de un solo estado mental, sino de la danza constante entre la libertad de imaginar y la disciplina de ordenar. En otras palabras, la poesía nace de un ambiente neuronal agitado entre el descontrol espontáneo y el control ejecutivo.

Para entender con más claridad lo expuesto, ahora explicaré con más detalle qué son las funciones ejecutivas. Estas ayudan a pensar antes de actuar, frenando impulsos y permitiendo decisiones más meditadas. También hacen que sea más fácil adaptarse y encontrar soluciones cuando surgen problemas. En nuestro laboratorio hemos estudiado este tipo de control ejecutivo en experimentos psicofísicos mediante la prueba Stroop, con el fin de elaborar marcadores más precisos, basados en inteligencia artificial, para evaluar a pacientes con déficit de atención e hiperactividad [5].

La prueba Stroop consiste en mostrar palabras como “rojo”, “azul”, “verde” o “amarillo” impresas en un color diferente al que nombran. La tarea del participante es decir el color de la tinta, no leer la palabra. Para lograrlo, debe suprimir la respuesta automática de leer, dando prioridad a la percepción visual del color. Esta tarea de activación de la función ejecutiva consume un tiempo considerable para el participante.

Hay estudios psicofísicos que sugieren que el entrenamiento constante en este tipo de tareas, como la Stroop, puede fortalecer nuestra capacidad para frenar respuestas automáticas y, con el tiempo, afinar funciones ejecutivas más complejas. Si así fuera, tal vez podríamos mejorar nuestra capacidad para escribir poesía, en línea con los hallazgos arriba mencionados. Esta es una hipótesis provocadora, sin duda, que podría resultar algo incómoda para más de un poeta. ¿Tú que crees?



Continuemos con la ciencia de la poesía. Así como los antropólogos estudian la humanidad desde una perspectiva de su evolución biológica y cultural, la ciencia de la poesía ha empezado a indagar qué áreas cerebrales se activan durante el habla y comprensión de poemas en lenguas ancestrales. Es como dar una mirada al pasado remoto, cuando nuestros ancestros empezaron a activar sus áreas cerebrales al crear poemas. Una de esas lenguas es el sánscrito, que se cree apareció unos 1500 años antes de nuestra era.

En enero de 2025, Kumar y colegas [6] encontraron, mediante el uso de fMRI, que la comprensión auditiva de versos en sánscrito activa una red cerebral compleja que varía según el nivel de dominio del idioma. En hablantes proficientes de sánscrito, se observaron patrones de conectividad distintos en regiones vinculadas al procesamiento semántico, visual y emocional, lo que sugiere una integración profunda de ritmo, significado y estructura. Este estudio no solo revela la riqueza cognitiva implicada en comprender poesía en lenguas antiguas, sino que también revela las áreas cerebrales que pudieron activarse durante la creación poética de poetas antiguos.

En su ensayo *Kavya: veinte epigramas* [7], que habla sobre poemas en sánscrito, Octavio Paz anticipó, de forma casi profética, lo que hoy empieza a vislumbrar la ciencia de la poesía, escribiendo lo siguiente:

“Las civilizaciones nacen, crecen y desaparecen; una filosofía sucede a otra; el ferrocarril desplaza a la diligencia y el avión al ferrocarril; el fusil substituye al arco y la bomba al fusil... pero los hombres cambiamos poco. Las pasiones y los sentimientos apenas si se transforman...

La naturaleza humana es universal y perdurable, es de todos los climas y de todas las épocas. Este es el secreto de la perennidad de ciertos poemas y de algunos libros.”

*Para finalizar, me gustaría decir que la ciencia de la poesía y la poesía de la ciencia son dos maneras de explorar lo que somos. La ciencia de la poesía no hace más que confirmar que en lo más profundo del lenguaje habitan redes neuronales comunes que oscilan entre la razón y la emoción.*



A esto podríamos añadir que, así como las emociones y los símbolos persisten, también lo hacen las regiones del cerebro que pudieron haberse activado unos 3500 años atrás y que continúan activándose hoy, sugiriendo que lo neuronal tal vez también es casi inmutable en nuestra condición humana.

Para finalizar, me gustaría decir que la ciencia de la poesía y la poesía de la ciencia son dos maneras de explorar lo que somos. La ciencia de la poesía no hace más que confirmar que en lo más profundo del lenguaje habitan redes neuronales comunes que oscilan entre la razón y la emoción.

No se trata de elegir entre estas dos visiones del mundo, sino de reflexionar que ambas comparten un mismo punto de partida, el observador humano. Un observador que percibe y se conmueve, aunque a veces incomode a muchos. Un observador curioso, inevitable.

**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] Tanaka T (2025) "Mean-reverting self-excitation drives evolution: phylogenetic analysis of a literary genre, waka, with a neural language model". *Humanities & Social Sciences Communications*. 12:394. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04714-1>
- [2] Liu S, Erkinen MG., Healey ML., Xu Y, Swett KE, Chow HM, & Braun AR (2015) "Brain activity and connectivity during poetry composition: Toward a multidimensional model of the creative process". *Human brain mapping*. 36(9):3351–3372. <https://doi.org/10.1002/hbm.22849>
- [3] Zabelina, D. L., Friedman, N. P., & Andrews-Hanna, J. (2019). "Unity and diversity of executive functions in creativity". *Consciousness and cognition*, 68, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.12.005>
- [4] Chen Q, Kenett YN, Cui Z, et al. (2025) "Dynamic switching between brain networks predicts creative ability". *Commun Biol*. 8(1):54. <https://doi.org/10.1038/s42003-025-07470-9>
- [5] DeLuna-Castruita A, Lizarraga-Cortes V, Flores A, Manjarrez E (2024) "ADHD Adults Show Lower Interindividual Similarity in Ex-Gaussian Reaction Time Vectors for Congruent Stimuli Compared to Control Peers". *J Atten Disord*. 28(3):335-349. <https://doi.org/10.1177/10870547231214966>
- [6] Kumar U, Pandey HR, Dhanik K, Padakannaya P (2025) "Neural correlates of auditory comprehension and integration of sanskrit verse: a functional MRI study". *Brain Struct Funct*. 230(1):28. <https://doi.org/10.1007/s00429-025-02892-x>
- [7] Octavio Paz (1995) *Kavya: veinte epigramas*. [https://letraslibres.com/wp-content/uploads/2016/05/Vuelta-Vol19\\_220\\_01Kyy20EpgOPz.pdf](https://letraslibres.com/wp-content/uploads/2016/05/Vuelta-Vol19_220_01Kyy20EpgOPz.pdf)



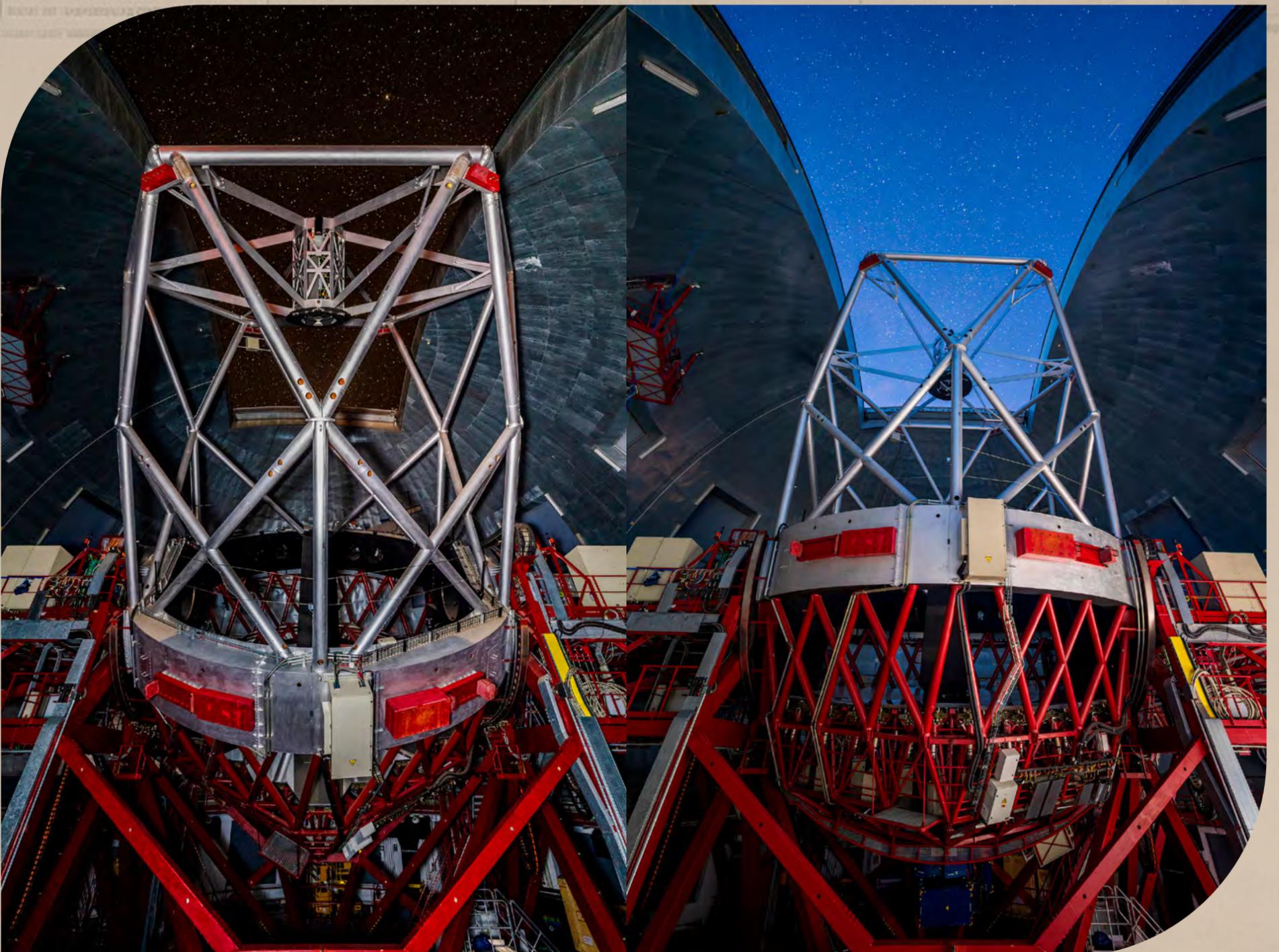


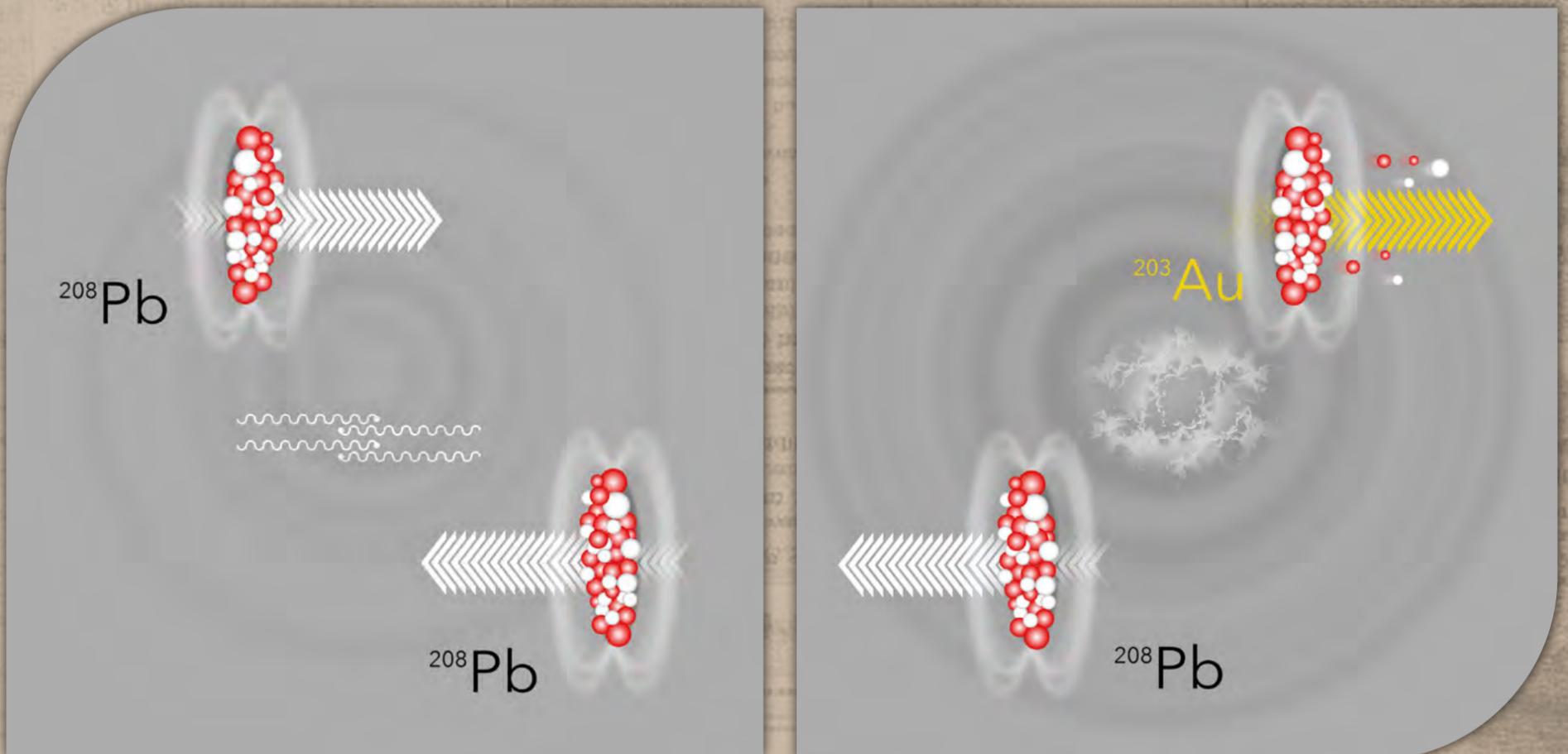
# ACTUALIDADES DEL MERCURIO

---

## Más de FRIDA y el GTC

Nuestra amiga, lectora de este suplemento e investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias, Nieves Castro Rodríguez, quien por esas casualidades de la vida será la encargada de vigilar la instalación de FRIDA en el Gran Telescopio de Canarias (GTC), artefacto del cual nuestra corresponsal, Norma Ávila, nos habló en el número de abril de 2025, envía estas fotos recientes en el momento en que Antonio Marante abre la ventana al cosmos. Fotos de Antonio, operador del GTC.

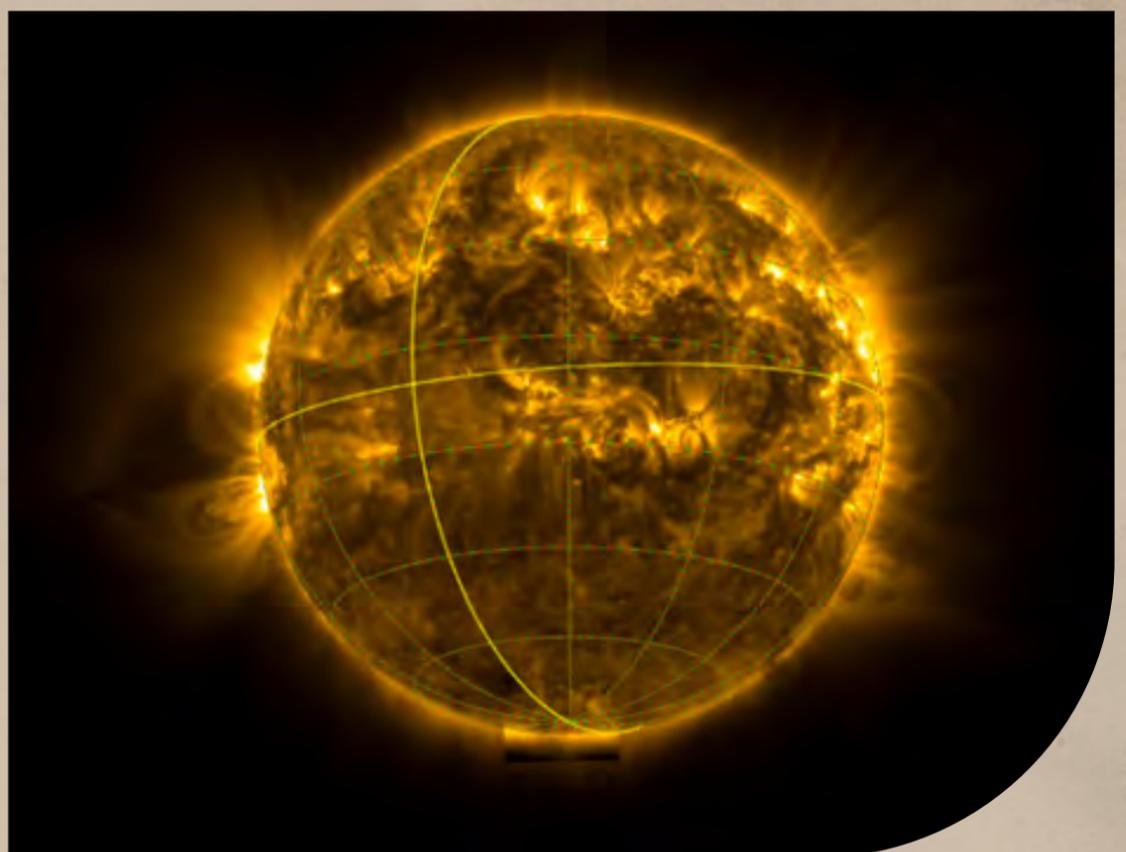




SE MUESTRA EL PASO DE DOS HACES DE IONES DE PLOMO ( $^{208}\text{Pb}$ ) sin que colisionen, pero llevando a cabo una interacción casi insignificante entre ambos, fenómeno llamado colisión ultra periférica. En el proceso de disociación electromagnética, un fotón que interactúa con un núcleo puede provocar oscilaciones en su estructura interna; esto permite que dos neutrones y tres protones salgan disparados, dejando atrás un núcleo de oro ( $^{203}\text{Au}$ ). Fuente: CERN.

### LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS Y EL SUEÑO ALQUIMISTA

En mayo de 2025, el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) dio a conocer un evento trascendental. La colaboración ALICE (A Large Ion Collider Experiment), donde participan nuestros apreciados colaboradores, Gerardo Herrera Corral y Arturo Fernández Téllez, además de un grupo importante de mexicanos, anunció haber conseguido la transformación de átomos de plomo en oro durante instante en el anillo del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), fenómeno que los alquimistas llamaban crisopea. De hecho, se trató de un suceso un tanto fortuito, de acuerdo al informe. Algunos choques sesgados e inesperados entre átomos de plomo provocaron campos electromagnéticos de enorme intensidad, lo cual rompió sus protones, generando fugaces átomos de oro. En ALICE las extremadamente energéticas colisiones de iones de plomo generan un plasma de quarks y gluones en un estado muy caliente y denso que, se supone, ocupó el universo una millonésima de segundo después del Big Bang. Sin embargo, en algunas interacciones poco frecuentes, en las que los núcleos apenas se rozan, se pueden producir, como se dijo, campos electromagnéticos sumamente intensos, dando como resultado choques fotón-fotón y fotón-núcleos. No es la primera vez que se lleva a cabo semejante transmutación. Lo trascendente es que lograron medir el proceso y establecer un mecanismo para reproducirlo en futuros experimentos.



### FOTOGRAFÍA INÉDITA DEL POLO SUR DEL SOL

La NASA acaba de liberar esta imagen captada por la sonda Orbiter, cuyo objetivo es explorar lo más cerca posible aspectos conocidos y otros inéditos de nuestra estrella.



# Dominar el fuego

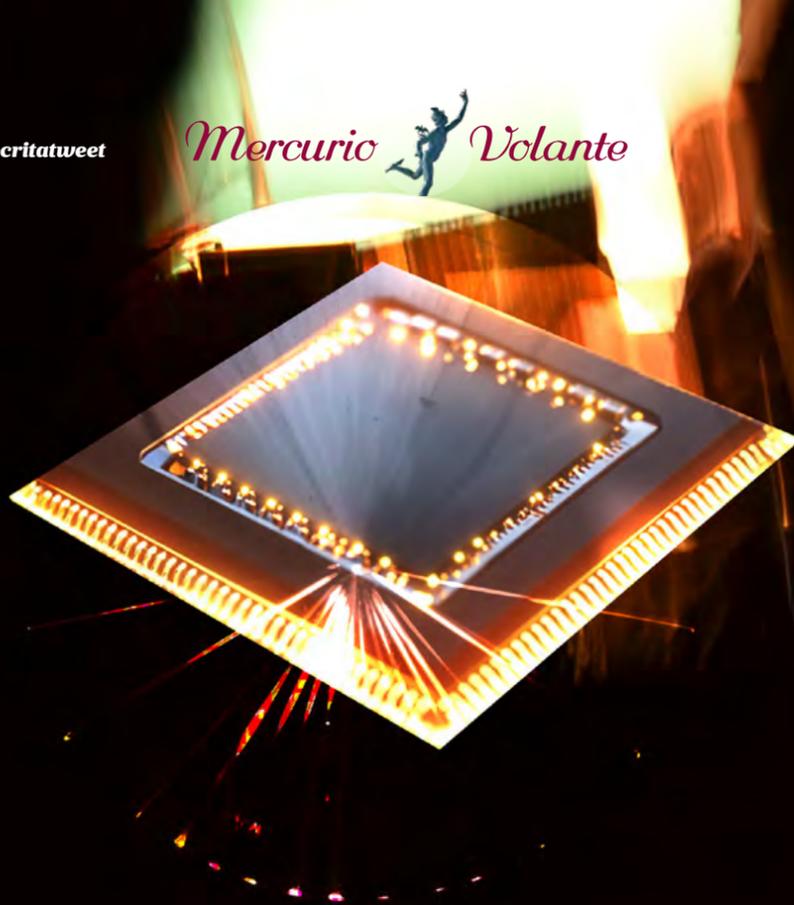
ULISES CORTÉS

*Ya las palabras son obras*  
Esquilo

**L**a metáfora de *soberanía tecnológica*, en los tiempos de la digitalización, se refiere a la capacidad del Estado para desarrollar, controlar y proteger sus propias tecnologías y sistemas de información, garantizando así su independencia frente a proveedores extranjeros y la gestión autónoma de datos y recursos digitales críticos.

En la situación de aceleración actual, esta soberanía es fundamental para preservar la seguridad nacional, la privacidad de la ciudadanía y la autonomía económica y política. Pero vayamos con cuidado: una metáfora como esta no solo facilita nuestra comprensión, sino que también moldea nuestra percepción y actitud hacia la tecnología, aunque su adopción no asegura que quien la emplea pueda dar una definición formal y completa del concepto.





La mitología y la tecnología comparten una dimensión simbólica profunda: la tecnología digital, sobre todo lo que concierne a las tecnologías basadas en la IA, puede entenderse como una reinterpretación de la *magia* antigua. Según el historiador, Yuval Noah Harari, la diferencia fundamental estriba en que la magia se basaba en la fe y en rituales sin base científica, mientras que la tecnología moderna se apoya en la ciencia y la experimentación, una ciencia que hoy avanza a velocidad exponencial.

Estos artefactos funcionan como herramientas *mágicas* en nuestras narrativas contemporáneas, reflejando la aspiración humana de dominar fuerzas poderosas de manera similar a como los dioses ejercían soberanía sobre el fuego. Tecnologías como las basadas en la inteligencia artificial y las redes sociales han multiplicado el poder y el alcance de las de los mensajes y ayudan a construir ficciones colectivas y metáforas tecnológicas. En este sentido, la soberanía tecnológica en el sur global se presenta como un mito moderno que expresa la necesidad de autonomía y el poder en el ámbito digital y técnico, evocando la idea clásica de soberanía como capacidad creadora y organizadora.

El dominar el fuego marcó un antes y un después en la historia, y numerosas culturas antiguas crearon mitos sobre cómo sus antepasados lograron arrebatárselo a los dioses, quienes siempre desconfiaban de sus propias criaturas. Así, el saber producir y usar el fuego se convirtió en símbolo de poder, ingenio y libertad, marcando el inicio de una nueva era en la evolución humana.

Las culturas originales mexicanas no tenían como actor principal a un Prometeo sino a un animal, el tlacuache es en estas narrativas el ladrón más frecuente. En la tradición náhuatl, se cuenta que el fuego cayó desde una estrella y fue resguardado por gigantes de la montaña, quienes pusieron un tigre como guardián. En 2025 podemos preguntarnos ¿quiénes son los gigantes que custodian el conocimiento y la tecnología?, ¿quién es el tigre que impone barreras y vigila celosamente el acceso?



En la historia de México, hay hitos de soberanía tecnológica que podemos considerar míticos, como la domesticación del maíz, y otros más tangibles y modernos, como la invención de la píldora anticonceptiva<sup>1</sup> o el hierro esponja. En el México del siglo XXI, la soberanía tecnológica digital implica no solo la creación de infraestructura tecnológica propia, sino también la implementación de políticas públicas que promuevan la alfabetización e inclusión digital, reduzcan la brecha en el acceso a tecnologías y fortalezcan la protección de datos personales.

Además, una política de soberanía tecnológica digital debe buscar disminuir la dependencia de México de empresas y tecnologías extranjeras, lo cual es crucial para evitar vulnerabilidades en momentos de tensiones geopolíticas o sanciones económicas. Controlar sistemas de ciberseguridad, criptografía y almacenamiento de datos permite al país actuar con mayor libertad y responder eficazmente a posibles crisis, protegiendo, como ya se ha dicho, la información gubernamental, militar, económica y, sobre todo, la de los ciudadanos.

Sin embargo, nuestro México de la era digital y de la IA enfrenta retos importantes para consolidar esta soberanía. Entre ellos están la resistencia institucional para adoptar nuevas tecnologías, la necesidad de infraestructura robusta para interoperar sistemas gubernamentales y la urgencia de fortalecer la ciberseguridad para proteger nuestras valiosas y sensibles fuentes de información. También persisten desigualdades educativas y en el acceso a Internet y tecnologías, en particular, en zonas rurales y comunidades marginadas, lo que limita la inclusión digital.





Así como el fuego en manos inexpertas podía ser tanto herramienta de progreso como fuente de peligro, las tecnologías digitales y las basadas en la IA exigen precaución, visión estratégica y marcos regulatorios<sup>2</sup> sólidos para evitar vulnerabilidades y malos usos.

En resumen, la soberanía tecnológica en lo digital y en las tecnologías basadas en la IA en México es una estrategia clave para fortalecer la seguridad nacional, promover el desarrollo económico y social y garantizar que la tecnología esté al servicio de la ciudadanía y del Estado. Lograrla requiere una combinación de políticas públicas, inversión en infraestructura, desarrollo de talento local y un enfoque decidido en la protección y gestión autónoma de los recursos digitales. ¿Quiénes serán los tlacuaches de nuestra época, capaces de desafiar obstáculos, usar su ingenio y abrir caminos para que el fuego -ahora convertido en saber digital, inteligencia artificial y autonomía tecnológica- llegue y beneficie a todos? La clave está en la astucia colectiva, la colaboración y el valor de quienes, desde los márgenes, se atreven a imaginar y construir un futuro más libre, sostenible e inclusivo.

#### 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 EurAI. 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 <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/pildora-anticonceptiva-la-mayor-contribucion-cientifica-de-mexico/#:~:text=El%20cient%C3%ADfico%2C%20joven%20estudiante%20de,la%20p%C3%ADdora%20anticonceptiva%20en%201951.>

2 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>



# PSICOACÚSTICA

## Mensaje del maestro Roncador

### El lago de los cisnes

#### MAESTRO RONCADOR

**A** cabo de asistir al Teatro de la Ópera, donde han interpretado esta obra, basada en el op. 20 de Piotr Illich Chaikovski, con un cuerpo de baile prestigioso, proveniente de Roma, y una maravillosa dirección artística.

Estoy con Tsemon, a quien pude convencer de asistir conmigo. La verdad es que no le costó demasiado aceptar, no sé si porque está interesada en mí, o en mi compañero Quelmi.

Finalizado el espectáculo, lo estamos debatiendo en la cola, por cierto, muy larga, de los servicios unificados. Creo que me toca impresionarla con mi acústica, aunque las veces que he ido a ver al profesor de acústica, siempre se ha mostrado muy amable conmigo.

—Es curioso que incluso con la orquesta tocando, aun-

que escondida en el foso del teatro, se oyen perfectamente los golpes de las puntas de las zapatillas del ballet. Es como algo sublime, puesto que ocultos en el silencio de los pasos planos, se presentan esos instantes en los que el suelo del teatro interactúa sonoramente con ellas.

—Tú sí que eres muy curioso. Nunca había pensado que esto pudiera interesarte.

—Verás, mi interés por la acústica no solamente se centra en las cuestiones de la beca del profesor. Me interesa saber aislar y acondicionar sonoramente los espacios, pero también son muy importantes todos los signos y personalidades sonoras que constituyen la gran riqueza del paisaje sonoro de cada momento.

Dejo pasar un instante en el que, por suerte, avanzamos en la cola.

—Volviendo al tema, sobre todo aprecio cuando hacen como un zapateado con las zapatillas de puntas\*. Parece un redoble de tambores. Estoy seguro que entre los fabricantes de zapatillas de punta, conocen su sonido particular. Seguramente el sonido de una Capezio se diferencia del de otras marcas.

Ella calla, supongo que desconoce el tema.

Creo que con esta disertación ya la he dejado impresionada. Me atrae esta chica, y tiene una voz encantadora, tanto de timbre como de inflexiones. Y cuando ríe, es como si abrieras un baúl lleno de ilusiones. De todos modos, la pelirroja me tiene el corazón robado.

—¿Es cierto que normalmente las bailarinas golpean

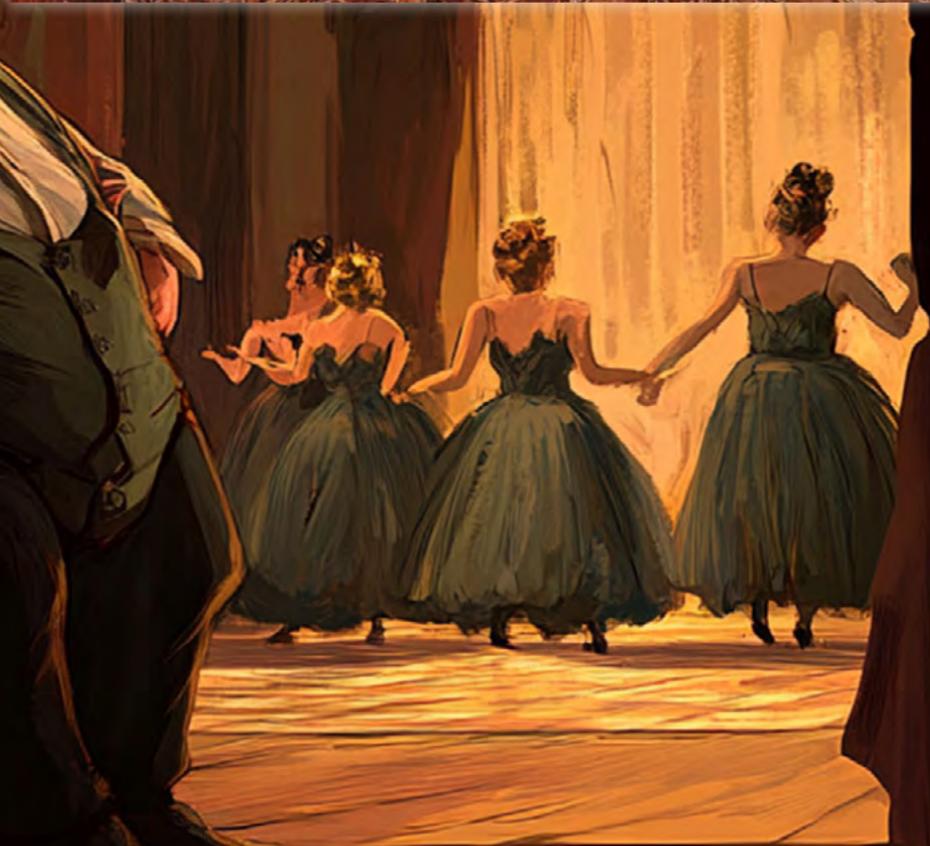
las zapatillas nuevas con los peldaños de una escalera, para que se ablanden?

Ahora me ha dejado sin respuesta

—No lo sé, esto deberías preguntárselo a ellas. ¿Quieres que luego vayamos a visitarlas a sus camerinos?

—Me da mucha vergüenza. Siempre he pensado en el instante de las cuatro bailarinas entrelazadas por delante de sus cinturas, cuando bailan juntas formando un plano vertical, interpretando ese momento en que Chai-kovski escribe su música más alegre, que es aprovechado por Walt Disney para mofarse en la película Fantasía con cuatro hipopótamos vestidas con el tutú. Creo que me pondré a reír al imaginármelas así.

\* Tiene un nombre: tapdance.



Me quedo sorprendido de su respuesta.

—Te entiendo —miento. Será mejor que nos vayamos.  
Ambos nos quedamos unos instantes en silencio.

La cola ya nos da el paso, por lo que nos separamos en este instante.

Dentro del servicio, pienso en lo que Tsemon me ha dicho. La danza de los pichones es a veces ridícula, y cuando es parodiada por las hipopótamas de Disney, es incluso una burla.

La espero en el pasillo.

No hablamos más del ballet, pero sí del teatro.

—Me ha encantado este pequeño palco de platea. Como que está más elevado, se ve mejor.

—Sí, me pareció que era muy importante poder ver los pies del cuerpo de baile.

Estoy seguro que admira mi conocimiento del lenguaje operístico.

—El único problema al estar situado más hacia la derecha es que el techo sobre nosotros recoge también el sonido procedente de la parte de la orquesta más próxima a nosotros.

—¿Y esto es un defecto?

—No exactamente, porque en un teatro diseñado a la italiana esto es muy normal que suceda. Los palcos situados bajo los techos reciben más sonido de sus extremos próximos a los músicos, o sea qué, si estás en un palco próximo a la derecha, oirás amplificadas unos músicos distintos a si te encuentras en el simétrico de la izquierda.

—¿Y por qué no escogiste platea?





—Normalmente en la platea el sonido de la orquesta es más equilibrado, así como el de los cantantes de ópera, puesto que el proscenio tiene los laterales y el techo inclinados para reforzar la necesaria reflexión hacia el público, aunque en el primero suelen situarse también unos palcos especiales. Pero, como te he dicho, para ballet prefiero una posición donde se vea el suelo del escenario.

Tsemon hace cara de escuchar, aunque creo que en realidad no le apasiona el tema técnico acústico-arquitectónico. Debo cambiar mi conversación hacia algo distinto, pero no es necesario porque ella aprovecha para disparar sobre lo que realmente pretendía al aceptar esta salida.

—Por cierto, ese compañero tuyo de tu clase, lo he visto por los pasillos y creo que me es familiar. ¿Puedes traerlo al despacho del profesor la próxima vez que vengas para poder comprobarlo?

Me quedo intranquilo. ¿A qué viene esto? ¿Será que no le importo para nada?

Con el paso del tiempo he descubierto que, al final, todo fue una maniobra para que le presentara a mi amigo Cram.



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



*Leyendas de la ciencia  
contemporánea*

# MAX, el bueno

CARLOS CHIMAL

**H**aberlo conocido fue una de las experiencias más emocionantes de mi vida. Si me hubieran propuesto cambiarla por un desayuno, digamos, con Mick Jagger, no habría dudado ni un instante. Tal vez con Bob Dylan flaquearía, pero no, por nada del mundo me hubiera perdido pasar una mañana con Max Ferdinand Perutz escuchando sus increíbles aventuras a lo largo de su agitada vida, luego del almuerzo.

Fue él quien abrió un campo cuyo propósito es explicar al mundo cómo es, cómo funciona el intersticio que existe entre el universo de los objetos macroscópicos y las entidades atómicas, esto es, el ámbito de las moléculas químicas de interés para la vida, disciplina híbrida que dio lugar a la genética molecular y a la moderna biotecnología. De hecho, la hiperciencia constituida por la biología molecular y la genética sigue enfrentando desafíos notables.

“Lo que queríamos era establecer vínculos coherentes, explicaciones a manera de puentes entre lo vivo y lo inerte, entre lo inorgánico y lo orgánico”, me dijo el ganador del Premio Nobel de Química en 1962, junto con sir John Kendrew, por haber descubierto la estructura molecular de la mioglobina y la hemoglobina, componentes esenciales en la sangre de los mamíferos.



No solo eso, ayudó a una generación de talentos a dilucidar la manera como lo físico se convierte en biológico. Si queremos apreciar su trascendencia, echemos un ojo al reino de la alquimia de nuestros días, capaz de transmutar ideas vagas y misterios insondables en verdades contundentes y razones de peso.

Max me recibió en su laboratorio del legendario Medical Research Council, en Cambridge, que se encuentra sobre la avenida Francis Crick. Fue él quien se empeñó en contratar al en aquel entonces joven Francis, a pesar de su carácter diletante y conflictivo.

Max tuvo el olfato para reconocer a los creativos, personas que sabían usar su imaginación, no importa cuán arduo fuera el camino para dominarla. Su talento mediador y su estatura intelectual fueron suficientes para conjugar genios, permitiéndoles dilucidar la estructura del ADN.

Sin su guía, habría pasado al menos otra generación antes de esclarecer los primeros enigmas, recovecos a fin de entender la geometría de la vida. Otra de sus grandes proezas fue romper barreras conceptuales entre la física, la química y la biología mediante la experimentación.

“Es como esquiar: solo tentando el terreno puedes saber si debes o no descender y cómo hacerlo”, aseguró.

Me contó que, como buen austriaco, era buen esquiador, pero resultó buenísimo, obteniendo a los 16 años de edad la copa austriaca juvenil. Vino de su país natal a Cambridge, Reino Unido, con el propósito de realizar una especialidad en el legendario laboratorio Henry Cavendish. Ahí estudió con uno de los grandes físicos de la vieja guardia, J.D. Bernal, los fundamentos de la cristalografía, disciplina que tantas satisfacciones traería a quienes investigan en las ciencias de la vida y, por ende, a la humanidad, al abrir un campo inédito: el estudio de las proteínas cristalinas.

La vida de Max estuvo rodeada de cristales. Cuando era niño, al esquiar en los alpes austriacos; luego, cuando llevó a cabo sus estudios de posgrado y, como dije, consiguió ser aceptado como alumno por Bernal, lo cual le permitió aprender la casi insondable ciencia de la cristalografía; más tarde hizo amistad con otros apasionados de los cristales orientados al conocimiento de la vida, John Kendrew y Lawrence Bragg, pilares de estos nuevos meandros que estaban uniendo de manera sorprendente la biología, la física y la química. Cristales forever.

*Max me recibió en su laboratorio del legendario Medical Research Council, en Cambridge, que se encuentra sobre la avenida Francis Crick. Fue él quien se empeñó en contratar al joven Francis, a pesar de su carácter diletante y conflictivo. Perutz sabía reconocer a los creativos, personas que sabían usar su imaginación, no importa cuán arduo fuera conseguirlo.*



“Llevé a cabo una serie de investigaciones cristalográficas referidas al mecanismo que rige el desplazamiento de las masas de hielo de los glaciares”, me dijo. “Me interesé en conocer la estructura cristalina del hielo y de la nieve, y la manera en que se transforma ésta en hielo. Luego apliqué lo que aprendí a mis estudios sobre glaciares, descubriendo que los hielos avanzan más rápidamente en la superficie que en las zonas profundas, próximas a la cuenca”.

Me invitó a almorzar. Permaneció de pie. No podía sentarse normalmente debido a una vieja lesión provocada por el torpedo de un submarino nazi que alcanzó y hundió el barco cuando venía de regreso de Canadá a Inglaterra.

Nos reímos de buena gana cuando me platicó su mala suerte al estallar la Segunda Guerra Mundial.

“Yo, un austriaco y judío que profesaba el catolicismo, ¡imagínese!”

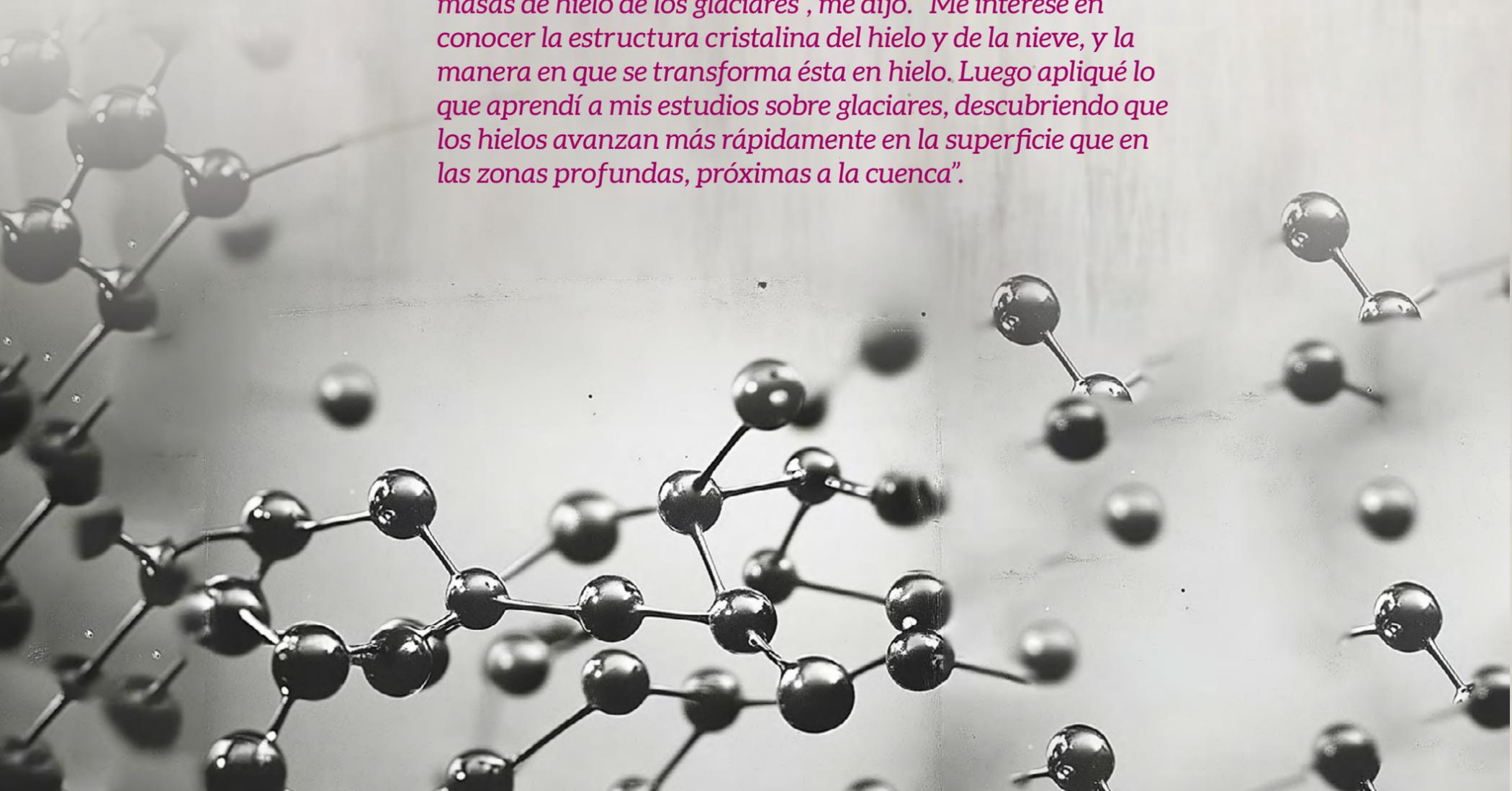
Junto con otros nacionales de países desde ese momento enemigos, fue enviado a Canadá, a fin de evitar que cayeran en la tentación de convertirse en espías. Sin embargo, los mismos británicos lo ayudaron a sacar a sus padres de Viena poco antes de la degollina nazi.

“Tal vez estaban enojados porque el Papa Pío XI había dado su apoyo a Franco durante la Guerra Civil española”, agregó Max, en tono de broma.

En medio de la paranoia de los primeros días fue confinado, junto con otros sospechosos de origen germano. Pero he ahí que algunos demostraron su valor para hacer frente al reacio y astuto enemigo. Fue así como Max se volvió consejero de Lord Mountbatten, célebre estrategia militar cuyas argucias en el campo de batalla ayudaron a los Aliados a obtener victorias cruciales.



*“Llevé a cabo una serie de investigaciones cristalográficas referidas al mecanismo que rige el desplazamiento de las masas de hielo de los glaciares”, me dijo. “Me interesé en conocer la estructura cristalina del hielo y de la nieve, y la manera en que se transforma ésta en hielo. Luego apliqué lo que aprendí a mis estudios sobre glaciares, descubriendo que los hielos avanzan más rápidamente en la superficie que en las zonas profundas, próximas a la cuenca”.*



Max recuerda al bioquímico y naturalista de Cambridge, David Keilin, quien puso a su disposición su laboratorio, lo cual enriqueció la red de conocimiento que se estaba gestando. Gracias a esta amplia perspectiva mostró, junto con sus colaboradores, que la estructura de la hemoglobina podía esclarecerse si se comparaban dos o más patrones de difracción, uno procedente de la proteína pura y los restantes de la misma proteína, si bien con átomos más pesados que el hierro que forma parte de su estructura, digamos, con átomos de mercurio ligados a la proteína en determinadas posiciones.

Según me dijo Max, la estructura de la proteína le pareció tan compleja que pensó que solo se presentaba en los organismos superiores; años más tarde se demostró que también se encuentra en especies inferiores. Semejantes métodos de análisis que surgieron en el Medical Research Council de Cambridge, impulsados por él, permitieron el estudio de cientos de proteínas, ya sean enzimas, anticuerpos, inclusive cápsulas virales.

Luego del desayuno de esa mañana, brillante y húmeda, me habló de cómo un acto de coraje puede transformar tu vida, tu postura frente a los demás. Y ahí estaba yo, junto a aquel hombre afable, de diminuta y delgada figura, frente amplia, rostro alargado, recordando los días de Viena, invisible entre púberes orgullosos y maestros "gimnásticos", cuya fe en que solamente se puede tener un intelecto íntegro dentro de un cuerpo perfecto era inquebrantable, hasta que venció a los favoritos en la carrera de esquí.

Entonces empezó a ser admirado (como años más tarde acontecería en el MRC), incluso adulado. No obstante, mantuvo la cabeza fría y dedicó todo su esfuerzo a enseñarnos maneras de escudriñar la intimidad de esa vasta galería de moléculas de interés para la vida e interpretar lo que hemos visto. Fue un genuino alquimista contemporáneo que perteneció a la Royal Society, fue nombrado Comandante del Imperio Británico y recibió la Orden al Mérito. Max falleció en Cambridge el 6 de febrero de 2002, a la edad de 87 años.

*Según me dijo Max, la estructura de la proteína le pareció tan compleja que pensó que solo se presentaba en los organismos superiores; años más tarde se demostró que también se encuentra en especies inferiores. Semejantes métodos de análisis que surgieron en el Medical Research Council de Cambridge, impulsados por él, permitieron el estudio de cientos de proteínas, ya sean enzimas, anticuerpos, inclusive cápsulas virales.*



# LOS GLACIARES, PILARES DE LA VIDA

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

“Mi objetivo fue que el público prestara oídos a los glaciares contando sus historias, aunque no las hayan comprendido, solo sentido en el corazón, tal como cuando éramos niños y niñas, y nos sentábamos alrededor de los abuelos y abuelas a escucharlos. Tal vez no los entendíamos por completo, pero aún así nos transmitían sabiduría”, nos dice la glacióloga, Ximena Aguilar Vega.

El 12 de junio de 2025 Ximena montó su instalación acerca de estos gigantes de hielo en el marco de la Conferencia sobre los Océanos que se celebró en Niza, Francia, dentro del Pabellón de la Criósfera. Esta última es la superficie de la Tierra donde el agua es sólida, formando hielo y nieve o permafrost, suelo congelado a temperatura de cero grados centígrados, o menor, que al menos permanece dos años consecutivos. La maestra Ximena es integrante de la Agencia Mexicana de Estudios Antárticos (AMEA).



Cobijados por un aire ceremonial, los asistentes estuvieron atentos a los sonidos resultantes de la “lectura” de las fracturas de ciertos glaciares. Un programa de software tradujo los relieves de los modelos digitales de terreno, o “escrituras” –como las llama Ximena– en blanco y negro. Los silencios fueron detonados por el negro, mientras que el blanco derivó en agudos, a veces altos si éste brillaba más. Los tonos grises dieron lugar a ruido parecido al de la estática. Esta “escritura” glacial, ancestral, que encierra miles de historias, fue grabada en vinil y abrazó a los escuchas.

El experimento recuerda la importancia de esas enormes masas para conservar el equilibrio climático en nuestro planeta. Este 2025, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) lo ha declarado como el Año Internacional de la Conservación de los Glaciares, marcando el inicio de la Década para las Acciones de las Ciencias Criósferas.

### Los helados espejos de la radiación solar

Ximena, quien estudia el doctorado en la Universidad de Stirling, Escocia, subraya que “son la reserva más grande de agua del planeta, además de funcionar como reguladores climáticos no solo porque son fríos, sino porque reflejan mucha radiación solar”, esto es, la devuelven al espacio. Sin tales reguladores, la Tierra se calentaría mucho más.

Los glaciares, cuyo cuerpo penetra en el mar o están influidos por la marea, al derretirse en la primavera y el verano generan corrientes y movimientos en los océanos que permiten que el agua profunda, rica en nutrientes, emerja. Así, dichos nutrientes pasarán a ser alimento de diversas especies del mundo, incluyendo a los humanos.

Esas corrientes se generan por la diferencia entre el agua fría y dulce proveniente de las montañas congeladas, respecto de la de mayor temperatura (que no está necesariamente caliente, porque en ciertas zonas el mar puede encontrarse entre uno y menos dos grados centígrados) y salada.

“La naturaleza es sabia en sus procesos, los calcula para que hagan lo indispensable en el continuo de la vida; por lo tanto, el derretimiento en esas estaciones del año es benéfico”, asevera Ximena.

Lo grave, como consecuencia del calentamiento global, es que tal derretimiento se está dando de manera excesiva y ocasiona que esas moles no se recuperen en invierno.

“Se está perdiendo cada vez más hielo y los glaciares se están haciendo más pequeñitos. Además, la caída de la nieve en invierno ya no es suficiente para volver a fortalecerlos”, advierte.

Las masas de aire frío, también originadas por los citados “refrigeradores” del mundo, ayudan a que el planeta no se caliente. La disminución de su manto blanco ha comenzado a retrasar ese proceso.



● Glaciar Kongsfjorden. Se resaltan los relieves. Crédito: satélite Sentinel2-MSI, ESA.

De acuerdo a información publicada por la NASA en agosto 2023, los datos obtenidos por sus satélites GRACE y GRACE-FO señalan que desde 2002 la Antártida ha arrojado al mar 150 mil millones de toneladas de hielo cada año, lo que ha incrementado su nivel. Asimismo, dio a conocer que la parte Este de ese continente ha mostrado modestos aumentos de masa, originados por la acumulación de nieve. Sus expertos han explicado que esta ganancia no compensa la pérdida significativa de masa de hielo en la Antártida Occidental. Desafortunadamente, ese incremento no es un indicador de que el calentamiento global está desacelerando su proceso.

#### Los glaciares, a punto de desaparecer en México

En nuestro país solo se conservan en el Pico de Orizaba y en el Iztaccíhuatl. El glaciar Jamapa –el más grande–, ubicado en el Pico, ha perdido 60 por ciento de su superficie desde 1957. Tristemente, podría desaparecer por completo en 2030, según expertos de la ONU. Los glaciares del Popocatepetl y de otros volcanes ya se han disipado.

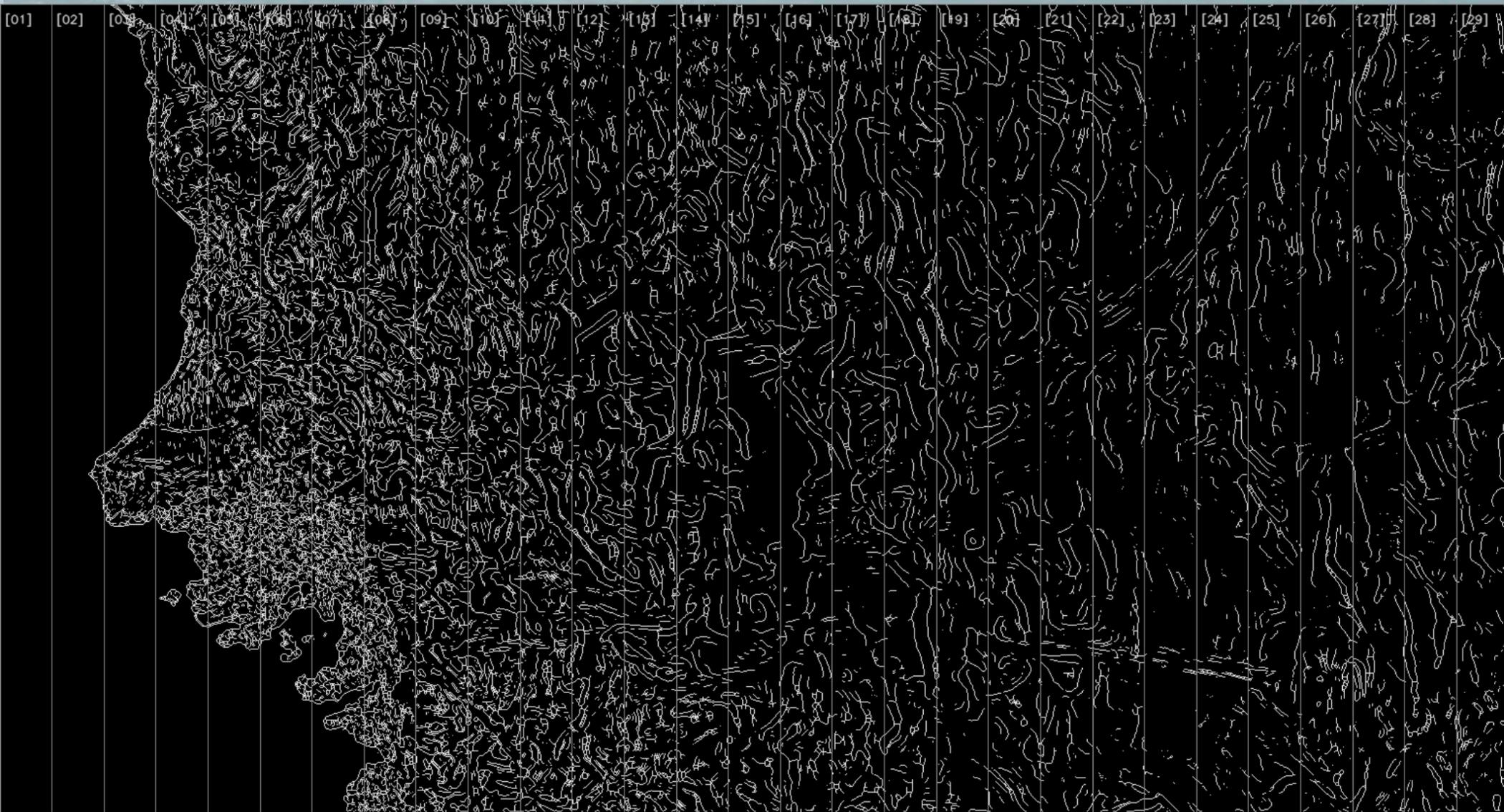
El glaciar Ayoloco del Iztaccíhuatl, uno de los más emblemáticos, fue declarado extinto en 2018, y actualmente allí solo quedan tres: los ubicados en el pecho y la panza de la *mujer dormida*, y el Suroriental. “Me parece que están revisando si las masas todavía se pueden considerar como glaciares o solo manchones de hielo”, asegura Ximena.

La ubicación geográfica del país, aunado al hecho de que estos refrigeradores nacieron en volcanes, ha influido en su pérdida, aunque es innegable que la actividad humana ha sido determinante.

“El Izta está cerca de la Ciudad de México. Como consecuencia, mucha contaminación se deposita allí en forma de carbono negro, lo cual oscurece su superficie y, así, disminuye su capacidad de reflejar la radiación solar. Esto, sumado a la deforestación y a la falta de reforestación, los ha debilitado”, señala.



● Ximena Aguilar Vega, glacióloga.



● Glaciar Thwaites, Antártida. Modelo Digital de Terreno REMA.



● Mismo glaciar Thwaites, imagen procesada para resaltar los relieves. Crédito: Ximena Aguilar Vega.



● Glaciar Kongsfjorden, Svalbard, Ártico. Crédito: satélite Sentinel2-MSI, ESA.

### Los glaciares y el arte

El arte siempre refleja lo que sucede en la sociedad y su entorno. Por ello estos gigantes congelados han pasado a ser un tema para crear arte, tal como lo señalé al inicio al referirme a la instalación de Ximena.

Otras propuestas pueden verse en el sitio web *Arte para la conservación de los glaciares* <https://www.un-glaciars.org/es/art>. La fotografía y el uso de la tecnología en las artes visuales fueron las herramientas que los artistas utilizaron para plantear su preocupación por la crisis climática. En esta página web, Thomas Wrede expone las imágenes de glaciares cubiertos por vellón de oveja; Liam Man, las de los iluminados por equipos aéreos; por su parte, Ludwig Berger muestra fotos de su experimen-

to basado en la grabación del "llanto" de los glaciares cuando crujen y se deshuelan, entre otros proyectos.

Otra muestra que invita a reflexionar acerca de lo que está sucediendo en nuestro planeta fue la coordinada por la doctora Patricia Valdespino, también integrante de la AMEA. Con sus alumnos de la materia *Criósfera*, que imparte en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (UNAM), organizó la exposición *Antártida, ciencia mexicana en el continente blanco*, en la cual se incluyeron imágenes de glaciares antárticos y que ya se ha presentado en "las islas" de Ciudad Universitaria, así como en las ciudades de Jalapa y Mérida. Estos ancestros de hielo tienen muchas historias que contar.



**\*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).



EN PORTADA:  
ANTÁRTIDA. CRÉDITO: NORMA ÁVILA JIMÉNEZ.

Mercurio  Volante

SUPLEMENTO DE

hipócritalector

#### SUPLEMENTO MERCURIO VOLANTE

CARLOS CHIMAL  
EDITOR

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ  
JULIÁN D. BOHÓRQUEZ CARVAJAL  
ARTURO CAMPOS  
CARLOS COELLO COELLO  
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  
ARTURO FERNÁNDEZ TÉLLEZ  
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: edición.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.