

Mercurio Volante

37

SUPLEMENTO ESPECIAL

hipócritalector

Año III, Marzo 2025

Desde Puebla con pasión...



RÍOS BERMEJOS
MITOS CUÁNTICOS
BARBIE, TENEMOS UN PROBLEMA
OCÉANOS DE LA MELANCOLÍA
GAVIOTAS Y MARIPOSAS

ASIMOVIANA
IA PARA SER INDEPENDIENTES
LA PIEDRA DE LA LOCURA
GUARDIANES DE LA VIDA



● Erupciones en Islandia, noviembre de 2024. Crédito: UNAM Global.

RÍOS BERMEJOS DE ISLANDIA

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

“¿Saben cuántos volcanes hay en Islandia?”, nos preguntó el guía antes de iniciar la caminata sobre el glaciar Vatnajökull. “¿Veinte?”, “¿treinta?”, se atrevieron a señalar tímidamente algunos. “¡Todos!”, bromeó antes de responder que a este país lo visten 130 volcanes, la mayoría inactivos. Solo 32 son sistemas que todavía vierten sus rojos ríos de lava, que repele a los residentes y atrae el turismo.

Los vulcanólogos han adquirido tanta experiencia en el tema que, de antemano, ya saben por dónde se desplazará la sangre volcánica y para dónde las emisiones gaseosas. De ese conocimiento se aprovechan las agencias de viaje, como sucedió durante los años 2021, 2022 y 2023, cuando el volcán Fagradalsfjall escupió el magma, roca fundida en estado semilíquido del interior terrestre, y manifestó una actividad considerada estable.

En el Centro de Exhibición sobre Volcanes y Lava que visitamos en Hvolsvöllur, en un video pudimos ver a un grupo de turistas sentados en la tierra, captando con sus cámaras y celulares el espectáculo amarillo, rojo ardiente, cobijado por vapor y gases. Era un encuentro con la naturaleza que Kant calificaría de sublime terrorífico.

Estos curiosos extremos actualmente tendrían que pagar, cada uno, unos 3 mil 550 pesos saliendo desde Reykiavik, para que los llevaran a lugares cercanos a donde han ocurrido las últimas erupciones, como sucedió con los volcanes Fagradalsfjall y Sundhnúksíggar. ¿Tú irías?

El canto de Hielo y fuego y Artemisa II:

Eyjafjallajökul, una de las gigantes calderas activas, nos dio la bienvenida iluminada por el Sol al tomar la ruta hacia el Centro de Exhibición aludido. Por cierto, es tan difícil pronunciar el nombre de ese volcán, que el guía en el glaciar mejor nos recomendó nombrarlo como *bla, bla, bla*. Éste, junto con el Katla y el Hekla, forman el poderoso trío seductor y atemorizante que rodea al citado organismo científico.

Una muestra de la intensa energía del Eyjafjallajökull la sufrieron millones de personas en 2010: como está cubierto parcialmente por un glaciar, el derretimiento del hielo producto de la salida de la materia ardiente, dio lugar a una inmensa nube de vapor que, aunada a la ceniza despedida por el cráter, cubrió el cielo de todo el continente europeo. Ello obligó a cerrar el tráfico aéreo, señala David Miranda en su artículo publicado en *National Geographic* el 9 de febrero de 2024. Habrá lectores que recuerden ese hecho.



● Desde el avión vemos el sistema volcánico Sundhnúksígga, noviembre de 2024. Crédito: Ruth Haslett.

Además de informarnos que el Eyjafjallajökull es uno de los primeros volcanes que se formaron en Islandia, y de puntualizar que en este país son considerados dentro de género femenino, “tal vez por su mal carácter”, dijo en broma, o “por hermosos”, el expositor del Centro de Exhibición nos explicó por qué padece tanta actividad volcánica.

Está situado sobre las placas tectónicas de Norteamérica y Eurasia –en la denominada dorsal Mesoatlántica–, enormes bloques de la corteza terrestre que permanecen en constante movimiento, lo cual genera continuos terremotos. Estas placas cada año se separan dos centímetros, tal como lo constatamos en el Parque Nacional Thingvellir. Pudimos observar parte del Valle de Silfra, que se ha formado por la tensión e incesante alejamiento entre ambos bloques.

Una muestra de la intensa energía del Eyjafjallajökull la sufrieron millones de personas en 2010: como está cubierto parcialmente por un glaciar, el derretimiento del hielo producto de la salida de la materia ardiente, dio lugar a una inmensa nube de vapor que, aunada a la ceniza despedida por el cráter, cubrió el cielo de todo el continente europeo



● Valle de Silfra, Parque Nacional Thingvellir. Crédito: William Gregory.



● Río rojo de lava. Crédito: UNAM Global.

● Volcán Eyjafjallajoku. Crédito: Norma Ávila Jiménez.





● Volcán Hekla. Crédito: William Gregory.

La deriva continental ha permitido la fuga de magma que, al enfriarse, llena los espacios liberados por el fenómeno natural. Algunos atrevidos gustan de bucear en la fisura del lago Thingvellir, ubicada en el mismo parque, ya que inmersos en la profundidad pueden observar a ambas placas y desplazarse entre la falla terrestre. Cuando el magma se acumula en demasía, la presión y la temperatura aumentan, la corteza terrestre se abre en respuesta y comienza la actividad volcánica.

En ese Parque Nacional se filmaron escenas de la serie *Juego de tronos* debido a su conformación geológica, que incluye grandes formaciones rocosas, nos informó el guía principal. Pareciera que los productores de la serie televisiva también lo hubieran elegido porque el hielo y el fuego son protagónicos en Islandia, elementos incluidos en la canción clave de dicha serie, referente a la profecía que subraya la llegada del amenazante largo invierno y sus caminantes muertos blancos.

Esta tierra de volcanes y glaciares ha sido elegida por la NASA para el entrenamiento de los astronautas que llegarán a la Luna en la misión Artemisa II. Los astronautas de la Misión Apolo, que también entrenaron en Islandia, señalaron que es el lugar más parecido al grisáceo paisaje lunar, debido a las grandes extensiones con oscuras rocas basálticas de fino grano ricas en hierro, formadas por el enfriamiento y cristalización del magma, así como por las brechas o fisuras, indicó Cindy Evans, geóloga de Artemisa II, según información publicada por esta agencia espacial.

Noticias sobre la actividad volcánica

En el camino hacia Reikiavik, desde el autobús pudimos observar consternados, una gran área repleta de oscuras rocas volcánicas en el poblado de Grindavik -que lucía abandonado-, resultado de las repetidas erupciones ocurridas en la fila de cráteres Sundhnúsgíggar, localizada al Sureste del país, en diciembre de 2023, explicó el guía principal. Los cuatro mil habitantes fueron evacuados, y aunque en febrero de 2024 se les permitió regresar a sus casas, solo pocos se atrevieron, porque un mes antes la lava destruyó tres casas, puntualizó la agencia AFP.

Otra noticia que nos impactó cuando regresamos al hogar -nuestro viaje fue a inicios de noviembre de 2024-, fue que a fines de ese mes, la zona de Sundhnúsgíggar volvió a lanzar los ríos rojos que alcanzaron, entre otros lugares, el estacionamiento de la Laguna Azul, sitio donde recientemente habíamos estado. Los residentes de Islandia siempre están lidiando con la fuerza impredecible de la naturaleza, por lo tanto, entre otras medidas, cada vez se construyen barreras más altas que redireccionan la lava lejos del Centro de Energía y de la enigmática Laguna, famosa por sus cualidades curativas.

Hasta la entrega de este artículo, de acuerdo a los datos científicos recabados con ayuda de diversos instrumentos, entre estos, sismógrafos, estaciones GPS y la ayuda de satélites, hoy se observa un incremento significativo en las cámaras de magma. Hay quienes piensan que la erupción podría ser inminente.

***NORMA ÁVILA JIMÉNEZ**

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



Mitos cuánticos

¿AGUJEROS NEGROS EN EL GRAN COLISIONADOR DE HADRONES?

GERARDO HERRERA CORRAL



Es que el CERN, o Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, podría crear un agujero negro si algo sale mal en sus experimentos?

Hoy sabemos que los agujeros negros existen. Tenemos una fotografía del gigante Sagitario A* en el centro de nuestra galaxia y otra del agujero negro en el núcleo de la galaxia M87. Estos portentosos objetos supermasivos son quizá el resultado de la coalescencia de agujeros negros de menor tamaño de los que también tenemos evidencia.

Los más abundantes en el Universo son los agujeros negros medianos de origen estelar. Se forman cuando una estrella llega al final de su vida agotando su combustible y colapsa sobre sí misma. Estos agujeros negros tienen entre 5 y 20 masas solares y sabemos de muchos objetos de esta clase.

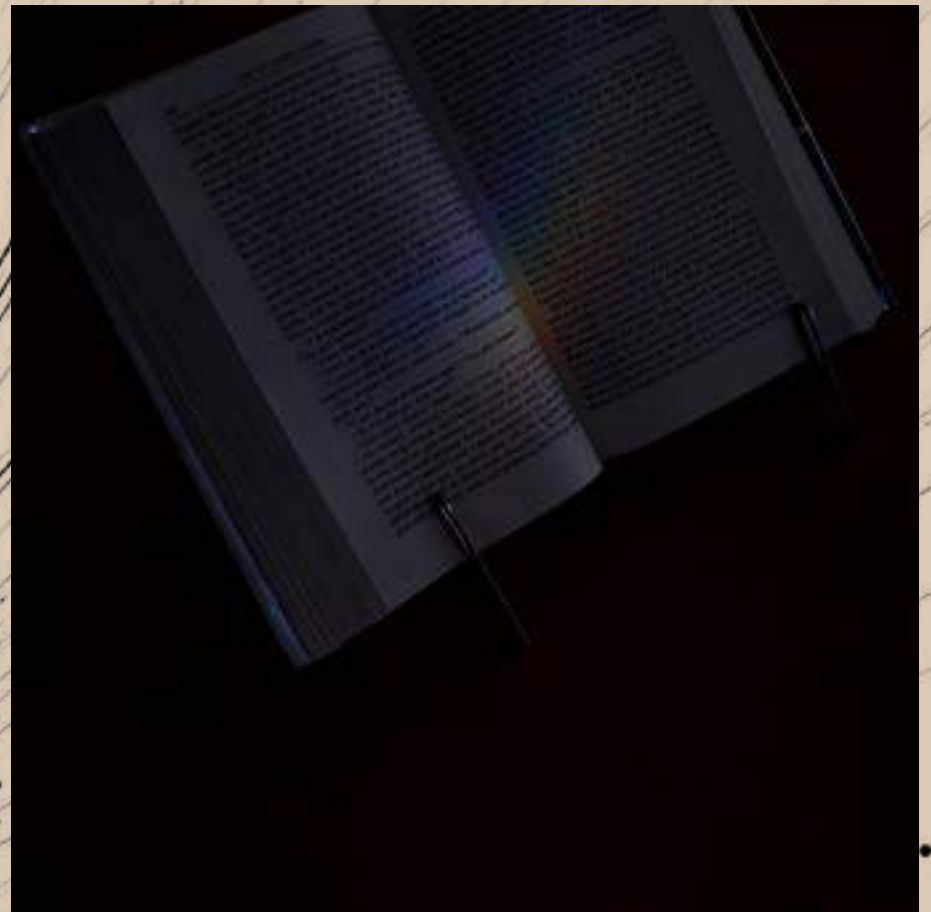
Pero además de estos dos tipos de agujeros negros, es decir: supergigantes y medianos; se especula que podrían existir “agujeros negros primordiales” que pueden tener masas muy variadas y mucho menores.

Se presume que pudieron haber existido en los primeros momentos del Universo cuando apenas habían transcurrido una centésima de la millonésima parte de una billonésima de segundo. Serían de naturaleza microscópica y se ha llegado a pensar que el acelerador de partículas Gran Colisionador de Hadrones podría producirlos en las violentas interacciones de las partículas que acelera.

De ser así, los agujeros negros microscópicos primordiales, se desintegrarían rápidamente y los detectores del acelerador más potente del mundo podrían ver sus huellas instantáneas midiendo los productos de su decaimiento.

¿Pero, es esto realmente posible?

El CERN hospeda el acelerador de partículas más grande del mundo: el Gran Colisionador de Hadrones, o LHC, por sus siglas en inglés: Large Hadron Collider. Esta máquina circular gigantesca, con casi 28 kilómetros de perímetro, se encuentra a más de cien metros por debajo del nivel del suelo en un túnel que cruza la frontera entre Francia y Suiza. Ahí se lleva protones, así como iones de plomo, a muy alta energía para luego hacerlos chocar unos contra otros y observar los fenómenos microscópicos que pueden ocurrir en el inusual experimento.





La energía máxima del acelerador es de 14 TeV, es decir, 14 billones de electrón volts: —los físicos que trabajamos en el área de física de partículas elementales medimos la energía en electrón-Volts, que se abrevia como eV. Un electrón voltio es la energía que adquiere un electrón cuando se lo coloca entre dos placas que se encuentren a una diferencia de potencial de 1 volt. Es una cantidad de energía muy pequeña de manera que resulta adecuado utilizar esta unidad para la descripción de fenómenos microscópicos —.

La masa de un protón es poco menos de 1 Giga electronvoltio, es decir, mil millones de electronvoltios que equivalen a: 0.000 000 000 000 000 000 000 002 kilogramos y que se escribe como 2×10^{-27} kilogramos.

De manera que la energía de Gran Colisionador de Hadrones equivalente a 15 000 masas en reposo de protones, es decir a: 2.5×10^{-20} gramos. Esto es un número muy pequeño que en la escritura convencional sería: 0.000 000 000 000 000 000 025 gramos.

Los haces que circulan por el acelerador son paquetes que contienen cien mil millones de protones, es decir que, ya juntando a todos los protones, la energía equivale a 4 microgramos de masa en reposo. Pero, el rendimiento de la máquina es minúsculo, cuando dos grupos de cien mil millones de protones se cruzan, solo chocan unas dos docenas de protones, ¡menos de uno entre mil millones! Los paquetes pasan del lado dejando tras de sí unas cuantas interacciones.

Si consideramos que solo una docena de pares llegan a chocar entre los dos haces que se cruzan, eso equivale a 180 000 masas en reposo de protones colisionando, es decir, 3.5×10^{-19} gramos (un número diez veces mayor que el que escribimos arriba, pero que sigue siendo una masa muy pequeña).

Por si eso fuera poco, esas pocas colisiones que ocurren cuando dos paquetes de protones se cruzan están todas separadas, no se agregan, no se suman en energía ni, por tanto, en masa.



Se cree que un agujero negro de tamaño mínimo tiene una masa de Planck de 22 microgramos. En otras palabras: tenemos un equivalente en masa por las colisiones de 0.000 000 000 000 000 000 35 gramos, o, dicho de otra manera:

0.000 000 000 000 35 microgramos.

Esta cantidad de masa está muy lejos de completar 22 microgramos para el más modesto de los agujeros negros en el catálogo de las especulaciones.

Nos falta 63 billones más de energía para poder alcanzar la posibilidad de formar un agujero negro de este tipo que es el más económico de cuantos se puede pensar como agujeros primordiales. A la pregunta inicial: ¿Es que el CERN podría crear un agujero negro si algo sale mal en sus experimentos?

La respuesta es no, no es posible. El Gran Colisionador de Hadrones no es una máquina de potencial desbocado. 100 mil millones de protones a 14 TeV son como un nanogramo de masa en reposo, equivalente en peso a mil bacterias y, eso, no alcanza para mucho.

Se trata, pues, de un mito más, pero un mito cuántico al fin.

***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)*.

Barbie

tiene un problema real

GABRIELA PÉREZ

Aunque es un ícono cultural, conservar una muñeca Barbie tiene sus desafíos. Como ocurre con la mayoría de los juguetes y muñecas de plástico, no fue hecha para durar. Algunos científicos conservacionistas están abordando este difícil problema.

Varios argumentan que Barbie es un modelo femenino pionero, con muñecas de astronautas y cirujanas disponibles antes de que estas carreras fueran alcanzables para las mujeres en la vida real. Otros se burlan de ella por sus tacones altos permanentes y su forma corporal poco realista; les preocupa que aumente la ansiedad por la imagen corporal que experimentan muchas niñas.

De cualquier manera, el estatus de Barbie como ícono cultural la ha hecho coleccionable: las muñecas más antiguas y raras ahora se venden por más de mil dólares. Pero conservarla para la posteridad no es tan fácil: como ocurre con la mayoría de los plásticos. Sufre lo que los conservadores llaman "vicio inherente": una inestabilidad intrínseca al plástico del que está hecha.

Según Odile Madden, científica de materiales y conservadora que actualmente se encuentra en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian en Washington, DC, Estados Unidos. "Barbie es económica y comercialmente importante, además de que es culturalmente significativa... Barbie es una industria de mil millones de dólares".

Pero Barbie no siempre envejece bien. Una de sus dolencias más comunes se conoce como "síndrome de piernas pegajosas". Esto se refiere a depósitos pegajosos o manchas blancas que aparecen en la muñeca, muy a menudo, pero no exclusivamente, en las piernas.



● Odile Madden, fotografía cortesía del Instituto Smithsonian.

“La gran mayoría de los conservadores encuestados habrán visto superficies pegajosas... ciertamente en las muestras más antiguas [de los años 50 y 60]”, dice Rose King, quien recientemente se unió al Museo Metropolitano de Nueva York, EE. UU., después de completar su doctorado en degradación de plásticos. en la UCL en el Reino Unido.

King también vio este tipo de problema como parte de un equipo que examinaba muñecos de una instalación de arte prestada a la Tate Gallery. En 'Mouth Open, Teeth Showing 2000', la artista estadounidense Zoe Leonard dispuso 162 muñecos de plástico infantiles, recogidos en mercadillos a finales de los años 1990, de pie en una cuadrícula: es una imagen llamativa y ligeramente inquietante, que intenta proporcionar información sobre el cambio de modas, los roles de género y la representación a lo largo del tiempo.

Para King y los demás científicos conservacionistas la prioridad es realizar análisis de forma no destructiva. Una de las técnicas favoritas es la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada, donde la luz IR pasa a través de un cristal, a menudo un diamante.

La luz reflejada internamente se derrama sobre la muestra en estrecho contacto con el cristal antes de ser detectada. “Uno de los métodos adicionales en los que comencé a trabajar fue simplemente tomar muestras con hisopos y realizar algún tipo de cromatografía en capa fina... aunque si se necesita solvente, la mayoría de la gente preferiría no usarlo”, dice King.

Una técnica analítica sencilla que utilizan muchos conservadores es la fluorescencia inducida por rayos UV, que puede detectar fácilmente el PVC, el plástico más común utilizado en las primeras muñecas Barbie, a partir de su tenue emisión de fluorescencia verde. Una de las razones para utilizar PVC, especialmente en la cara, los brazos y las piernas de Barbie y otras muñecas, es que el PVC es un excelente imitador de la piel; en realidad, no existen otros plásticos que tengan esa textura.

Cuando el PVC se forma a partir de monómeros de cloruro de vinilo, sus cadenas tienden a alinearse debido a interacciones electrostáticas, creando una disposición rígida, casi cristalina. Si se consigue que quepan moléculas más pequeñas entre ellas y socaven lo suficiente esas atracciones de la cadena interna, se puede crear un plástico que sea flexible, pero que siga siendo sólido a temperatura ambiente.

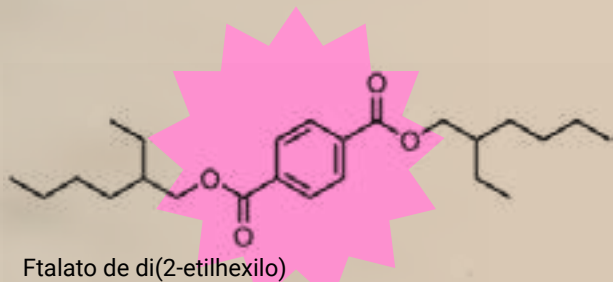
Las pequeñas moléculas conocidas como plastificantes son equivalentes a los suavizantes de telas, aunque no cubren el polímero de manera uniforme, sino que encuentran las áreas amorfas menos cristalinas dentro de la estructura del PVC, suficientes para crear un polímero flexible.



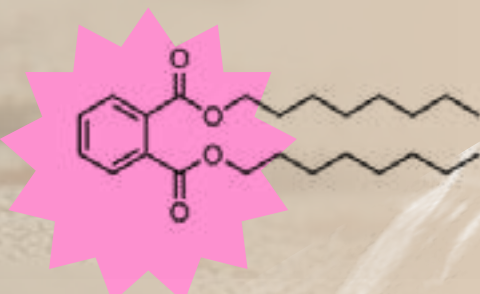
● Las muñecas Barbie han pasado de juguetes a objetos coleccionables e importantes piezas culturales en museos. Fuente: © Steve Vidler/Alamy Stock Photo



● Una de las razones para utilizar PVC es que es un excelente imitador de la piel. Degradación de muñecos de acetato de celulosa en muestra de Zoe Leonard Mouth Open, Teeth Showing 2000 : (a) muñeco con cabeza de PVC amarillenta y degradada; (b) muñeco; (c) detalle de la mano del muñeco con efluorescencia cristalina en forma de aguja. Imagen © Tate.



Ftalato de di(2-etilhexilo)



Ftalato de dioctilo

● Estructuras de plastificantes de ftalato.

Los plastificantes son importantes para las propiedades de los polímeros, pero pueden convertirse en un problema con el tiempo.

Normalmente se necesitaba entre un 30 y un 40 % en masa de plastificante y, desde los inicios de la historia del plástico, los ésteres de ftalato se convirtieron en las moléculas de referencia. Comenzaron como plastificantes para polímeros de acetato de celulosa y luego se utilizaron para PVC.

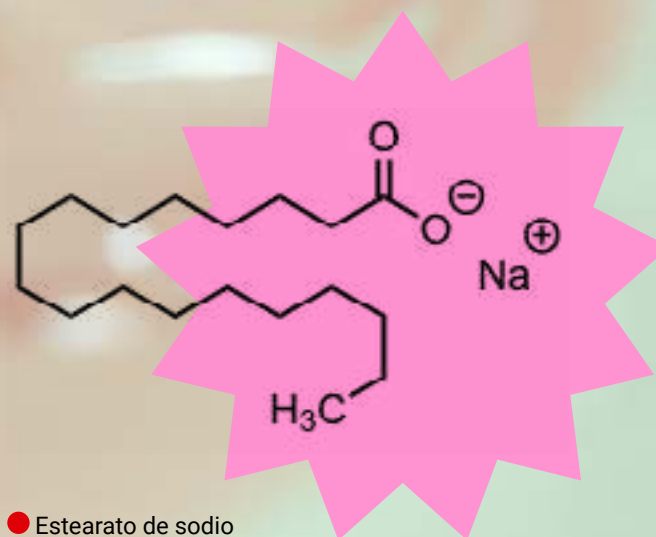
Es muy fácil cambiar la ramificación o la longitud de la cadena de alcohol para cambiar sus propiedades. El ftalato de dioctilo o el ftalato de di(2-etilhexilo) se encuentran habitualmente en las Barbies más antiguas, aunque ambos compuestos están actualmente prohibidos en los juguetes en la Unión Europea y Estados Unidos debido a sus propiedades disruptivas endocrinas.

Con el tiempo estos materiales no son estables. El plastificante se mueve libremente entre las cadenas de polímeros y eso significa que puede volver a salir libremente mediante un proceso de difusión. Dependiendo del ftalato utilizado, puede evaporarse, provocando un gradiente de difusión y una mayor pérdida de plastificante o dejar un depósito pegajoso.

Los depósitos pegajosos detectados están relacionados con la pérdida de plastificante. El depósito blanco en una de las muñecas de la instalación de Leonard incluía ciclopentanona, que el equipo sugirió que era producto de la descomposición del ácido hexanodioico, cuyo éster también se usaba como plastificante.

A medida que avanza la degradación, el PVC también se volverá más quebradizo e incluso puede encogerse una vez que se pierda más del 15% del plastificante, aunque esto no se nota en la mayoría de las muñecas Barbie. También pueden comenzar a ocurrir cambios en el propio polímero, que puede fotooxidarse, lo que lleva a la conjugación y reticulación de las cadenas poliméricas y provoca un oscurecimiento.

Con el paso de los años, la pobre Barbie también puede sufrir el "síndrome de la oreja verde", que a menudo presenta rayas verdes alrededor de las orejas o incluso en la cara. Esto se debe al ácido clorhídrico que se libera cuando el polímero se oxida. Los plastificantes de ftalato también funcionan como antioxidantes para el



● Estearato de sodio

polímero de PVC, pero a medida que se pierde más y más plastificante, comenzamos a ver la producción de ácido clorhídrico.

En 2017, cuando Madden estaba en el Instituto de Conservación del Museo Smithsonian, le pidieron que ayudara a diagnosticar una Barbie con una condición más inusual. De una colección privada en Los Ángeles, la muñeca era una Barbie número 4 de 1960, uno de los primeros modelos, completa con el ahora familiar traje de baño blanco y negro.

La muñeca tenía una firma manuscrita en tinta de la cofundadora de Mattel, Ruth Handler, ahora borrosa debido a la migración de tinta dentro de la espalda de la muñeca de plástico.



El, que puede formar cristales en la superficie de las muñecas, se utilizó originalmente para ayudar a moldear los polímeros.

El enigma fue llevado a Madden en Washington por los entonces estudiantes graduados de UCLA Marcy Burton y Morgan Burgess, ambos ahora conservadores profesionales. La Barbie tenía piernas peludas, tenían esta eflorescencia cristalina blanca.

Pero el análisis de la recurrente flor blanca mostró que no se trataba del síndrome de piernas pegajosas convencional. “La pusimos en el cristal ATR de nuestro espectrómetro FTIR, le quitamos el zapato, le empujamos el pie hacia abajo y la analizamos de esa manera y descubrimos que las piernas eran de PVC”, explica Madden.

También identificaron el plastificante como ftalato de di(2-etilhexilo), que es un líquido a temperatura ambiente, por lo que una capa superficial de cristal borroso no tenía sentido. Un análisis más detallado de los cristales mediante espectroscopia Raman dispersiva identificó la pelusa como un estearato (un carboxilato de 18 carbonos),

probablemente estearato de sodio. Entonces la pregunta fue ¿por qué está el estearato ahí?

El ácido esteárico y otros estearatos son lubricantes conocidos que facilitan el moldeo de PVC al evitar que el plástico líquido se pegue al molde y mejorar el flujo. El equipo también examinó la muñeca y otra muñeca de 1963 con tomografía computarizada (CT) de rayos X para comparar las estructuras y notó burbujas en el PVC que formaba las piernas.

Empezaron a pensar en la forma de Barbie y en esas piernas tan largas y tan criticadas, que representan más de la mitad de su altura. Algunos han sugerido que las proporciones de Barbie son tan irreales que la harían incapaz de soportar su propio peso. Madden pensó que las burbujas podrían indicar que durante el moldeo el plástico líquido caliente comenzaba a enfriarse y endurecerse antes de llegar a los dedos de los pies al final del molde.

¿Se podrían haber añadido estearatos para intentar evitar este enfriamiento prematuro y permitir que el PVC llegue al final del molde con menos burbujas o irregularidades?



● Los muñecos troll también pueden sufrir depósitos de plastificante, pero se pueden limpiar con relativa facilidad. Fuente: © Yvonne Shashoua.

Para los conservadores el dilema ahora es cómo lidiar con las piernas y otras partes del cuerpo pegajosas. Como los estearatos no cumplían ningún propósito en el objeto final, el equipo de Madden consideró que eliminar la pelusa no representaba un riesgo continuo para la muñeca. Pero eliminar los plastificantes no es tan sencillo.

Hay dos escuelas de pensamiento. Una escuela dice que el plastificante simplemente se deja y lo guardas la muñeca en un área cerrada para que el polvo y la suciedad no se depositen sobre ella. La otra escuela de pensamiento es que se elimina el plastificante, sabiendo que con el paso de los años aparecerán más.

La ética de la conservación también advertiría contra la eliminación de parte de un material que es fundamental para su composición, además del riesgo de permitir que más plastificante se difunda fuera del plástico.

También se limpian muñecos troll con depósitos blancos de plastificante

La conservadora Yvonne Shashoua está de acuerdo en que a menudo se toman decisiones estéticas. Tuvo un problema similar con otro objeto de colección: el muñeco troll, originalmente tallado en madera por el fabricante de muebles Thomas Dam, pero que en la década de 1950 se convirtió en una exportación danesa, hecho de PVC.

Los muñecos troll coleccionables más antiguos también experimentan pérdida de plastificante. Si se depositan en la superficie, los ésteres de ftalato a veces pueden reaccionar con la humedad para formar ácido ftálico o su anhídrido cíclico, los cuales forman cristales blancos.

Ella eliminaría los cristales solubles en agua, pero dice que generalmente se hace a baja temperatura (alrededor de 50 °C) para intentar minimizar una mayor pérdida de plastificante. Aparte de la limpieza, los conservadores tienen poco más para remediar la degradación del PVC.

Ha habido algunas ideas de recubrimiento, pero en realidad no han tenido éxito. Los revestimientos deben adherirse bien a la superficie, lo que normalmente se facilita con un disolvente y el PVC es resistente a los disolventes. Ese es uno de sus beneficios y por esa razón es muy difícil grabarlo para conseguir una capa que se adhiera a él.





Existe una creciente aceptación de que algunos objetos de plástico no se pueden salvar. Lo que queda es intentar limitar mayores daños controlando cuidadosamente el entorno en el que se almacenan Barbie y otras muñecas.

La luz ultravioleta es el gran enemigo de los plásticos, porque contiene suficiente energía para romper los enlaces, por lo que siempre hay filtros ultravioleta en las galerías y tiendas. El almacenamiento a baja temperatura es otra opción para ralentizar la difusión de los plastificantes, pero aparte de la cuestión de los costos, esto también puede fomentar la formación de los tipos de floraciones de lubricantes de estearato que encontró el equipo de Madden.

Un estudio realizado en 2017 sobre más de 130 muñecos daneses de PVC de las décadas de 1980 y 1990, almacenados durante 10 años en una instalación con clima controlado a 11-12 °C, mostró que en la superficie había flores blancas de 1-octadecanol (alcohol estearílico) que fue reabsorbido después de un mes de almacenamiento a temperatura ambiente.

Almacenar plásticos en contenedores sellados es otra opción para reducir la tasa de migración de los plastificantes, pero incluir materiales absorbentes que eliminen el oxígeno o la humedad podría resultar problemático al extraer también más plastificante.

El Museo Metropolitano de Arte de Nueva York está probando actualmente entornos de almacenamiento anóxicos llenando bolsas de almacenamiento con gases inertes. Con la variedad de diferentes plásticos que los museos ahora buscan conservar, no existe un enfoque único que sirva para todos, pero hay una aceptación cada vez mayor de que algunos objetos de plástico no se pueden “salvar”.



GABRIELA PÉREZ AGUIRRE

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

Océanos de la melancolía

*Alguna vez el universo estuvo solo, vacío, inhalando olvido.
De tanta soledad exhaló mares y despertó en la vida.
Así, con los ojos de su creación, pudo llorar otros mares de melancolía.*

ELÍAS MANJARREZ

La palabra melancolía proviene del griego *Melania*, que equivale a negro, y de *khole*, que denota bilis o secreción. Es una emoción profunda, a menudo indescriptible, que se asocia con la tristeza y la nostalgia, emergiendo de un recuerdo o de una sensación desconocida.

La melancolía ha cambiado de significado a lo largo de la historia. De ser un exceso de bilis negra en la medicina griega, pasó a convertirse en un término psiquiátrico vinculado a la depresión. No obstante, su significado abarca un espectro más amplio, que incluso permea la filosofía y el arte.

Aunque la melancolía expone la fragilidad de quien la padece, cuando no alcanza el umbral de la depresión, puede transformarse en un motor creativo capaz de plasmar emociones en la música, la literatura, y en otras artes. En la actualidad las neurociencias buscan los mecanismos neuronales y genéticos que vinculan esta cualidad humana con el espectro de la depresión. A este tema regresaré al final.

Los creadores de arte muchas veces tienden a descender a la superficie de los infiernos de la depresión para retornar a la realidad melancólica benigna. Como lo hizo Dante, en su pendular viaje, cuando desciende a las puertas del infierno de la mano racional de Virgilio, y luego asciende al cielo de la mano amorosa de Beatriz.

Cuando leemos a los poetas nostálgicos, percibimos que descenden de lo racional del cerebro a lo irracional de las vísceras y el cuerpo, en un ciclo que va de regreso al cerebro. Hay un ir y venir incesante, como el de una gaviota en vuelo que desciende al mar y regresa al cielo. En este viaje pendular, nuestra mente y cuerpo se vuelven unidad. Nos convertimos en una rueda vertical encima del mar que acaricia el cielo y el agua, y que en su girar, nos permite descubrir la profundidad líquida de nuestro ser.

La música nostálgica, como *Interstellar* de Hans Zimmer, evoca a la perfección estos descensos y ascensos en la frecuencia de las notas musicales. Allí el sonido rítmico emula un pulso que se mantiene a pesar de los cambios armónicos, como cuando el latido se resiste al cambio y se mantiene estable durante una respiración cambiante, para después juntos alcanzar una cima.

La melancolía es un tema de interés médico desde tiempos inmemoriales. En el siglo IV aC, Hipócrates fue quien asoció la melancolía con la bilis negra; relacionando varias enfermedades con otras secreciones o humores del cuerpo humano: la sangre, la flema y la bilis amarilla.

Las teorías de Hipócrates se popularizaron gracias a Galeno, quien vivió del año 129 al 216 de nuestra era en la ciudad de Pérgamo, en la actual Turquía. Cabe resaltar que fue en esa ciudad donde se perfeccionó la técnica para fabricar pergamino, por lo que fue la sede de la biblioteca más importante de aquellos tiempos, después de la de Alejandría del siglo III ante de nuestra era.

Las ideas de Hipócrates y de Galeno influyeron en la humanidad por más de mil años, incluso, inspiraron al escritor inglés Robert Burton, contemporáneo de Shakespeare. Burton fue un sacerdote de la iglesia anglicana, quien admiraba la filosofía de los griegos, al grado de usar el seudónimo: "Demócrito Junior". Burton justificó el uso de este nombre porque Hipócrates y Laertius describían a Demócrito como un hombre solitario y melancólico.

En 1621, Burton publicó un libro muy famoso llamado *Anatomía de la Melancolía*, en el que citó a modo de revisión bibliográfica, y texto de perspectiva, a más de 1500 autores; entre los que están Avicena, Séneca y Hércules de Sajonia. El libro empieza con una descripción religiosa para explicar las enfermedades de la humanidad. Propuso nuevas conjeturas con reflexiones y curas posibles, algunas basadas en dietas.

Me parece interesante mencionar que en 1621 Burton citó a personajes de la medicina ancestral para hablar sobre el infierno de la melancolía, como lo hiciera Dante Alighieri, trecientos años antes, en 1321, al citar personajes de la historia y la ficción para hablar del otro infierno.

Burton fue más citado que Shakespeare, y en un epitafio tras su muerte en 1640 se lee: "*Pacis notus, paucioribus ignotus, Hic jacet Democritus junior Cui vitam dedit et mortem Melancholia*". Si lo traducimos en Google, dice así: "Conocido por la paz, desconocido por pocos, aquí yace Demócrito el joven, a quien la melancolía dio vida y muerte."



Si desea escuchar el tema de *Interstellar* mientras lee el texto, puede resultar una experiencia interesante.

Corte y pegue desde el PDF el siguiente vínculo y abra una página adicional en su navegador para escuchar en YouTube.

<https://m.youtube.com/watch?v=UDVtMYqUAyw&pp=QAFIAdIHCQn3AIUdvf8Vzg%3D%3D>

(Todos los derechos reservados por sus respectivos propietarios y se integra este vínculo con fines ilustrativos).

La melancolía es un tema de interés médico desde tiempos inmemoriales. En el siglo IV aC, Hipócrates fue quien asoció la melancolía con la bilis negra; relacionando varias enfermedades con otras secreciones o humores del cuerpo humano: la sangre, la flema y la bilis amarilla.

En la clínica actual se puede diferenciar entre depresión no-melancólica y melancólica. Se considera que la depresión melancólica es la forma más severa de depresión y que tiene una mayor influencia genética y biológica que la depresión no-melancólica. Diversos investigadores en neurociencias están trabajando en el desarrollo de biomarcadores de estos tipos de patología.

Para que se den una idea de lo que escribió Burton en su libro, aquí les pongo un párrafo: “Así como los tratadistas científicos señalan ocho grados o estados de calor y de frío (*calidum ad octo; frigidum ad octo*), podemos distinguir hasta ochenta y ocho grados en la melancolía, según que las partes afectadas por ella lo sean con mayor o menor intensidad, según que el individuo esté más o menos hundido en ese abismo infernal.”

En la clínica actual se puede diferenciar entre depresión no-melancólica y melancólica. Se considera que la depresión melancólica es la forma más severa de depresión y que tiene una mayor influencia genética y biológica que la depresión no-melancólica. Diversos investigadores en neurociencias están trabajando en el desarrollo de biomarcadores de estos tipos de patología.

En la actualidad hay tratamientos médicos muy efectivos para ambos tipos de depresión, con diversos fármacos y terapias neuropsicológicas, entre los que se incluyen las terapias de neuromodulación no invasivas que emplean la estimulación eléctrica o magnética transcranial. También hay laboratorios científicos interesados en dilucidar los mecanismos neuronales que permiten a dichas técnicas mejorar la función cerebral. En nuestro laboratorio investigamos sobre este tema.

La melancolía es una acción humana expresiva que puede afectar a los demás en el entorno social, ya sea por aislamiento o por llanto. El llanto por melancolía, es un acto motriz-secretor con un efecto dual. Produce emociones en quien llora y emociones de empatía en el espectador. La empatía es ponerse en los zapatos de otro. Tal vez por eso, el llanto por melancolía fue una de las primeras formas de comunicación que mantuvo la unidad de grupo en la humanidad en su evolución. Lo que encaja con la hipótesis de Frans Waal, de que la empatía es un pegamento social; y tal vez, la melancolía también lo sea.



Por increíble que parezca, incluso los roedores ya exhiben el comportamiento de empatía cuando se trata de ayudar a otros. En el año 2024, Weizhe Hong, y en el 2025, Sehoon Keum, y sus respectivos grupos, colocaron pequeñas camaritas de micro-endoscopia de imágenes de fluorescencia en el cerebro de ratones despiertos en libre movimiento. Estas camaritas se posicionan como pequeños sombreritos que no pesan y que permiten al animal moverse mientras se mira a las neuronas de su cerebro en acción.

Con estas revolucionarias cámaras sombrero, se encontró que las neuronas de la corteza cingulada anterior exhiben descargas eléctricas en ratones que observan a otros ratones experimentar dolor, excluyendo que sea una activación de neuronas sensoriales de la visión. De manera consistente, en el mes de enero del 2025, Zhang y colaboradores publicaron un artículo donde muestran que cuando un ratón observa a otro sufrir, se incrementan los niveles de oxitocina en el núcleo paraventricular del cerebro. Considero que este descubrimiento es de suma importancia.

Aquí podemos reflexionar sobre la oxitocina en relación con la melancolía, y la empatía que esta última produce. Es necesario saber que la oxitocina es una sustancia moduladora de la actividad eléctrica de las neuronas. Puede funcionar como hormona que se libera desde la neurohipófisis para viajar por el torrente sanguíneo y participar en la maternidad y la lactancia. Pero también puede funcionar de manera local como neurotransmisor dentro del cerebro, cuando se libera de una neurona y actúa sobre otra neurona.

Así, la oxitocina ayuda a regular vínculos de empatía, por lo que se le conoce como la hormona del abrazo, el apego, o el amor. Un incremento de oxitocina ayuda a disminuir la actividad del sistema nervioso simpático, el cual se asocia al estrés. Es por ello que la oxitocina también puede generar sensaciones de relajación y placer.

Si la melancolía se relaciona con la empatía y la empatía con la oxitocina, entonces, es razonable que la oxitocina también se relacione con la melancolía. Esta es una hipótesis que aún no se ha probado en la literatura científica, por lo que verificarla podría tener implicaciones de gran relevancia para saber cómo modular los niveles patológicos de depresión melancólica, o la ausencia de empatía. Solo hay un trabajo en idioma ruso, publicado en el año 2024, del grupo de Marina Smolnikova del centro de ciencia Krasnoyarsk, en Siberia Rusia, que soporta esta hipótesis en el contexto de la depresión melancólica.

Aunque hay una gran cantidad de trabajos sobre la relación entre el gen del receptor de oxitocina (OXTR, por sus siglas en inglés) y trastornos del espectro autista, ansiedad, y esquizofrenia, el trabajo de Smolnikova y su grupo muestra que este gen tiene alelos que pueden exhibir una mutación que se asocia con la depresión melancólica. Un alelo dominante es una versión de un gen que se hereda de los padres, y que controlan una característica particular de un organismo; por ejemplo, el color de ojos, o el comportamiento.

Si la melancolía se relaciona con la empatía y la empatía con la oxitocina, entonces, es razonable que la oxitocina también se relacione con la melancolía. Esta es una hipótesis que aún no se ha probado en la literatura científica, por lo que verificarla podría tener implicaciones de gran relevancia para saber cómo modular los niveles patológicos de depresión melancólica, o la ausencia de empatía.



Smolnikova y su grupo encontraron que los adolescentes, con el alelo "G" (Guanina) en el gen del receptor de oxitocina OXTR, tienen una habilidad para enfrentar estados de depresión; tienen mayor autoestima, fuerza de voluntad y una visión optimista de la vida. Sin embargo, los adolescentes con el alelo "A" (Adenina) tienen una mayor predisposición a desarrollar depresión melancólica, con rasgos de baja tolerancia al estrés, déficit de atención con hiperactividad, agresividad, y desórdenes de comportamiento social. No obstante, aunque este estudio es prometedor, es necesario realizar ensayos clínicos con otras técnicas que identifiquen a las neuronas involucradas.

En resumen, las neuronas son sensibles a los mares internos de sustancias químicas y a los genes en nuestro cerebro; por lo que su desbalance puede afectarnos

y producir depresión no-melancólica y melancólica. Por fortuna los avances de la ciencia moderna han permitido desarrollar tratamientos médicos muy efectivos para ambos tipos de depresión. Es muy importante que las personas con este tipo de padecimientos los conozcan y busquen ayuda profesional.

Me gusta imaginar que la melancolía que experimentan los creadores de arte no es una depresión, sino un estado sublime comparable con la racionalidad, como lo describí en los primeros párrafos. Donde la racionalidad y la melancolía son dos polos en los extremos superiores de una "U". En cambio, los tipos de depresión no-melancólica y de depresión melancólica descritas por los psiquiatras se encuentran en el fondo de esa U.





Los creadores de arte melancólico tienen la habilidad de iniciar su viaje desde la racionalidad para descender a la superficie de los infiernos de estas formas de depresión, para retornar inmunes a un estado melancólico benigno creador. Como lo hizo Dante en su épico viaje de la *Divina Comedia*, cuando descendió a las puertas del infierno depresivo de la mano racional de Virgilio, y luego ascendió al cielo de la mano amorosa y melancólica de Beatriz. Así, la idea popular de “tocar fondo” cuando hay depresión no está tan lejos de esta interpretación metafórica, como tampoco lo está la posibilidad de salir salvos de ese estado.

Para finalizar, me gustaría agregar que cuando la melancolía depende del recuerdo que agobia, o de la incertidumbre del futuro, tenemos la opción de escapar a vivir el instante presente. Podemos transitar los océanos de la melancolía, en un viaje pendular que nos lleve a la racionalidad o al culmen de la apreciación artística, buscando el instante, como lo hizo Dante y lo hacen los poetas.



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 transcraneal. Recibió el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del CONCYTEP y ha recibido el premio Cátedra Marcos Moshinsky. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.



REFERENCIAS

- Interstellar. Hans Zimmer (2014) (Normal audio)
- <https://www.youtube.com/watch?v=UDVtMYqUAYw>
- Interstellar. Hans Zimmer (2014) (8D audio)
- <https://www.youtube.com/watch?v=-61elpuZhll>
- La Divina comedia de Dante Alighieri: resumen. Cultura Genial.
- <https://www.culturagenial.com/es/divina-comedia/>
- The Anatomy of Melancholy. Robert Burton (1621)
- <https://www.gutenberg.org/cache/epub/10800/pg10800-images.html>
- Differentiating melancholic and non-melancholic depression via biological markers: A review (2023).
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37259772/>
- Origins of MAOI Misconceptions: Reaffirming their Role in Melancholic Depression (2023)
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37601082/>
- Cortical representations of affective pain shape empathic fear in male mice (2025)
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39994222/>
- Cortical regulation of helping behaviour towards others in pain (2025)
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38267578/>
- Oxytocin Makes Teenagers More Social (2024)
- https://ksc.krasn.ru/en/news/oksitotsin_delaet_podrostkov_bolee_sotsialnymi/
- Polimorfismo del gen del receptor de oxitocina (OXTR rs53576) y características conductuales en adolescentes (2024) En Ruso
- <https://sibmed.elpub.ru/jour/article/view/1552>

La mariposa de Lorenz

ROSALÍA PONTEVEDRA

Estamos ante uno de los mitos científicos más bellos, cuya esencia evoca nuestra necesidad milenaria de comprender el caos y esgrime razones que sostienen el frágil orden natural. Tendió su raíces entre los siglos XVII y XVIII, cuando dos genios de las matemáticas, finos observadores del mundo en el que vivimos inmersos, persiguieron ideas que rayaban en lo fantástico.

Tanto Isaac Newton como Pierre Simon de Laplace se dieron a la monumental tarea de tratar de entender lo impredecible y, a partir de ahí, pronosticar lo imposible. De acuerdo a las leyes del movimiento formuladas por el primero a fines del XVII, podemos conocer la trayectoria de una partícula si sabemos qué fuerza se ha aplicado sobre ella. Pero no es suficiente, hay que añadir dos datos cruciales: su posición y velocidad de inicio. Así, podremos saber su futuro de manera inequívoca.



Laplace sentó las bases de la ciencia probabilística a partir de dichas leyes. En su *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, de 1776, afirma algo similar, suponiendo que con ello podría predecir no solo el futuro de las cosas, sino también su pasado. Como buen pensador, especula, extrapola, crea metáforas intentando satisfacer un anhelo de la humanidad: encontrar fórmulas esenciales.

Imagina a un ser que es capaz de conocer las fuerzas de la naturaleza, así como la posición de todos los organismos y objetos que la conforman. Si de alguna forma también tuviese la capacidad de analizar todos esos datos, quizás asistido por súper computadoras cuánticas, podría hallar una fórmula capaz de dilucidar el movimiento de cualquier objeto en el universo, no importa cuán pequeño (un átomo) o grande (un planeta).

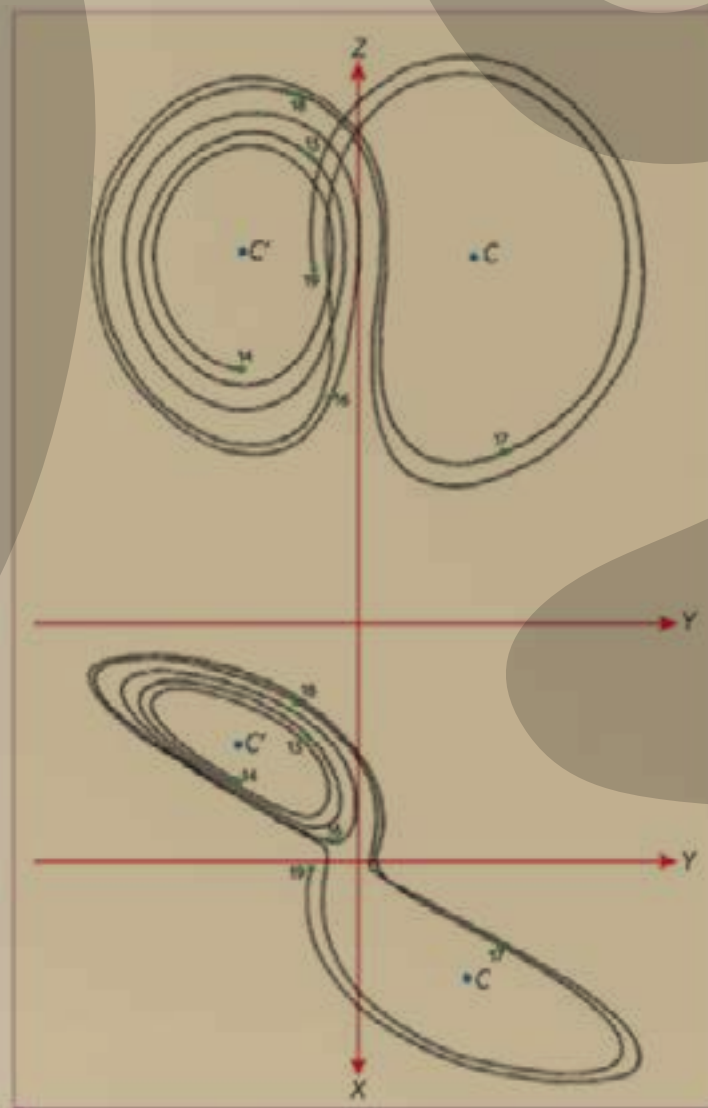
El determinismo clásico puso el primer peldaño. El problema era que físicos y matemáticos podían saber con precisión el movimiento de los planetas, mas no el de una gota de lluvia durante una tormenta. Resulta que la naturaleza está repleta de sistemas caóticos. Tal es el caso de diversas poblaciones animales, las epidemias o el mercado de valores.

Se llaman sistema no lineales debido a que no siguen relaciones estrictamente proporcionales. El universo es impredecible, pero lo intentamos. ¿Hay realmente una contradicción en las leyes naturales, aparentemente deterministas, y semejante imposibilidad de determinar el resultado?

Un matemático del siglo XIX, Henri Poincaré, abordó el asunto de manera magistral. En un artículo publicado en 1890, intitulado "El problema de los tres cuerpos (¿les suena?) y las ecuaciones de la dinámica", en el que asume que los límites humanos superan el número dos.

En sistemas dinámicos complejos, digamos, un conjunto de planetas girando en torno a un sol, es imposible predecir el comportamiento de más de dos de ellos, pues en términos matemáticos parecen hacerlo de manera azarosa. No hay predicción posible de su comportamiento final debido a ínfimas perturbaciones en el estado inicial.

Durante la década de 1960 se conjuntaron varios factores favorables para el desarrollo de una teoría del caos y la predicción del orden. Por un lado, el auge de las matemáticas, y por otro, el impulso otorgado por la asistencia de computadoras analógico-electrónicas, y luego totalmente digitales. En ese entonces, un meteorólogo, Edward Norton Lorenz, como puede suponerse estaba muy interesado en comprender esta naturaleza caótica del clima terrestre. Para ello utilizó y modificó ecuaciones que describen los movimientos de fluidos atmosféricos.



Sus herramientas matemáticas dibujaron una peculiar gráfica, asemejando las alas de una mariposa. Dichas figuras llamaron la atención de la comunidad científica, así que fue invitado a ofrecer una conferencia en la American Association for the Advancement of Science, en 1972. La intituló: "Predictibilidad: ¿El aleteo de una mariposa en Brasil puede provocar un tornado en Texas?"

Así, lo que él llamaba "dependencia sensible a las condiciones iniciales", se convirtió en el "efecto mariposa". No es posible obviar el hecho de que se estaba poniendo de moda el ambientalismo, así que una idea se transformó en un grito de batalla.

Curiosamente, en un principio Lorenz no se refirió al vuelo de una mariposa, sino de una gaviota cuando planteó la posibilidad de estudiar sistemas caóticos, que él calificó de "irregulares". Según se cuenta, Lorenz no impartió dicha plática, sino su colega, Philip Merilees, a quien se le pidió que utilizara un título atractivo, mediático, si quería destacar entre tantas charlas.

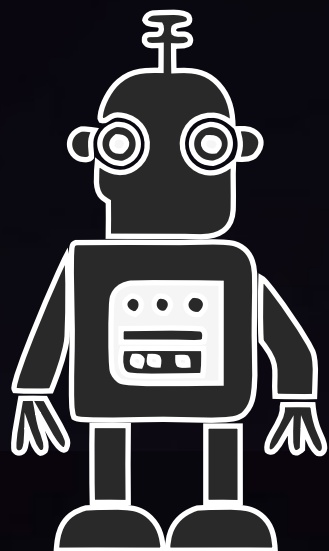
Lo pensó una y otra vez, hasta que otro meteorólogo, Douglas Lilly, le sugirió evocar la novela de George Stewart, *Storm*, en la que en un pasaje puede leerse: "Un chino que estornude en la región de Shen-si podría obligar a unos trabajadores a traslapar nieve en Nueva York".

A Merilees le pareció adecuado utilizar esta idea y presentarla con un sencillo juego de palabras mnemotécnico (Butterfly-Brazil, Tornado-Texas). ¿Por qué no una gaviota? Pudo muy bien haber empleado el dúo Seagull-Senegal. Sin embargo, como se dijo antes, los atractores que Lorenz aplicó parecían alas de mariposa.

Es probable, asimismo, que conociera, al menos de oídas, el relato de Ray Bradbury, *El sonido de un trueno* (*A Sound of Thunder*), dado que este autor y Lorenz se conocían. Además, como este último escribió, él sí había leído dicho cuento, y aunque prefería la metáfora de la gaviota, estuvo de acuerdo con el cambio de Merilees, pues las mariposas representan la fragilidad y la aparente debilidad de los pequeños organismos, esto es, son un símbolo de que lo insignificante puede tener un impacto en lo grande.



ROSALÍA PONTEVEDRA
Escritora de ciencia, radica en Madrid.



NO DAÑAR, OBEDECER Y PROTEGER:

La revolución asimoviana
en la química farmacéutica

CARLOS NARANJO CASTAÑEDA
EUSEBIO JUARISTI

Imagina un futuro en el que robots, como los que imaginó Isaac Asimov (1920-1992) en sus historias de ciencia-ficción, puedan colaborar con científicos para descubrir nuevos medicamentos y tratamientos para las enfermedades. En el número 35 de *El Mercurio Volante* (enero de 2025) apuntamos las bases para la comprensión de tecnicismos relacionados con la inteligencia artificial (IA) y la química farmacéutica. Si lo prefieres, puedes consultarlo para facilitar tu lectura (ver "Lecturas recomendadas" al final de este texto).

Efectivamente, la IA ya está siendo utilizada en la industria farmacéutica para analizar grandes cantidades de datos, simular experimentos y optimizar procesos. Pero ¿qué consecuencias tendría la creación de robots que no solo puedan diseñar y sintetizar nuevos fármacos de manera autónoma, sino que también puedan aprender de experiencias propias y mejorar continuamente su capacidad para optimizar procesos, así como para encontrar soluciones innovadoras?

Para entender el enorme potencial de la IA en la búsqueda y preparación de nuevos fármacos, es importante revisar las leyes de la robótica propuestas inicialmente por Asimov. Aunque inicialmente concebidas para robots de ficción, estas leyes han tenido un impacto sorprendente en la práctica, impulsando avances significativos en el desarrollo de instrumentos y laboratorios autónomos que revolucionan la química farmacéutica.

Específicamente, las tres leyes de la robótica de Asimov consisten en (1) **no dañar**, (2) **obedecer** y (3) **proteger**, que adquieren una relevancia especial en el tema que aquí nos interesa.

No dañar: Las máquinas y laboratorios autónomos deben ser diseñados con medidas de seguridad robustas para minimizar riesgos y garantizar la seguridad de los seres humanos que las manejen, así como para proteger el entorno de las empresas dedicadas a la búsqueda de fármacos.





Obedecer: Las máquinas y los laboratorios autónomos deben mejorar la eficiencia y la exactitud de los métodos analíticos involucrados en la búsqueda de fármacos al seguir instrucciones precisas, evitar errores, ser reproducibles y ser susceptibles a una optimización continua.

Proteger: Las máquinas y los laboratorios autónomos deben estar diseñados para proteger la integridad de los datos recolectados y la confidencialidad de los frutos de la investigación, garantizando la seguridad y la privacidad en la búsqueda de nuevos fármacos.

En este sentido, desde la antigüedad, la naturaleza ha sido una fuente de inspiración para el avance de la medicina. En particular, las plantas, los animales y los microorganismos han proporcionado una gran variedad de moléculas con propiedades terapéuticas. En contraste, para los científicos el proceso de descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos es complejo y desafiante.

En especial, la investigación farmacéutica está experimentando una transformación radical gracias a la integración de la IA. Esta tecnología permite explorar un vasto espacio químico (entiéndase por espacio químico al enorme acervo constituido por todas las moléculas que nos rodean), superando incluso las limitaciones que existen en el aislamiento e identificación de los productos naturales.

De esta manera, la combinación de la IA con la capacidad de percepción humana abre nuevas oportunidades en la investigación y puede acelerar significativamente el desarrollo de fármacos con propiedades específicas y mínimos efectos adversos.

En sus novelas de ciencia ficción, Isaac Asimov fue un visionario pionero en la exploración del potencial de la IA. A través de sus relatos y cuentos, Asimov muestra la capacidad de las máquinas controladas por IA para resolver problemas demasiado complejos para un ser humano, así como para generar nuevos conocimientos. En este artículo, profundizaremos en la descripción de las características esenciales de los instrumentos y equipos autónomos, así como en la discusión de aspectos éticos relacionados con el desarrollo de estos entes artificiales.

Bajo este contexto, la autonomía en avances de la investigación científica trasciende la simple automatización de procesos rutinarios y repetitivos. En particular, un *agente autónomo* está constituido por un sistema computacional sofisticado que emula a las neuronas en un cerebro de modo que puede tomar decisiones informadas y actuar de manera independiente en respuesta a estímulos externos, demostrando incluso capacidad de adaptación y respuesta eficaz.

Efectivamente, la autonomía de estos seres artificiales se logra mediante la integración de cuatro módulos fundamentales que trabajan en conjunto para tomar decisiones viables:

Módulo de memoria: almacena y tiene disponible ("recuerda") información de interacciones y experimentos previos lo que permite la toma de decisiones y la realización de las acciones más adecuadas para responder ante los resultados registrados.

Módulo de planificación y razonamiento: permite al ser artificial planificar y "razonar" de manera efectiva. La planificación conlleva identificar las secuencias de acciones necesarias para alcanzar un objetivo específico. Por otro lado, el proceso de razonamiento implica alcanzar las conclusiones pertinentes, así como tomar decisiones basadas en la información disponible y el análisis de los pasos lógicos requeridos.

Módulo de creación de perfiles (Perfilado): es una herramienta poderosa para la que los entes autónomos puedan "reaccionar" y proceder eficazmente. Es posible crear perfiles individuales que simulen situaciones específicas y asignen las tareas correspondientes.

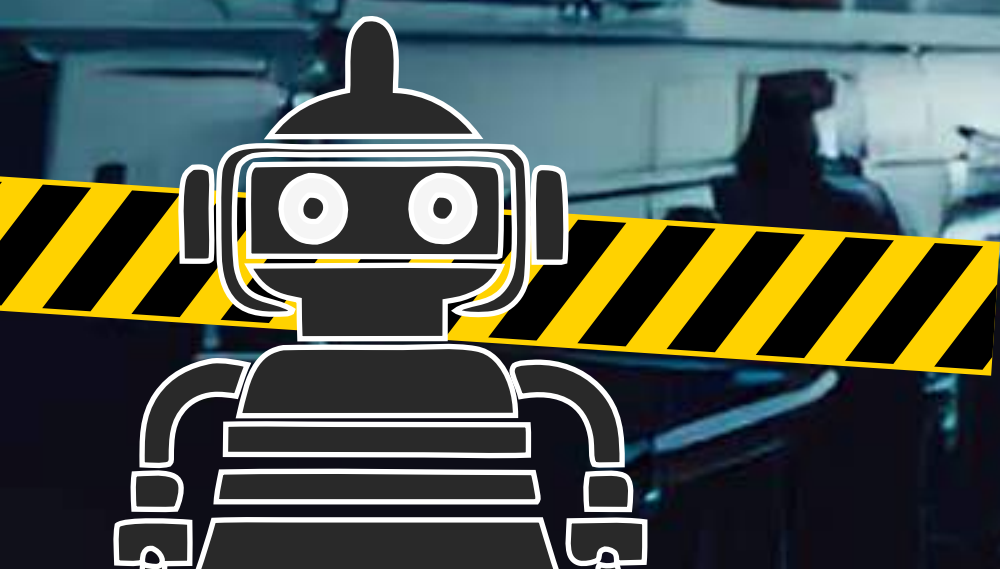
Básicamente el perfilado es como darle una personalidad al ser inteligente, para que se comporte y responda de manera única. Por ejemplo, si queremos que el robot sea como un químico, podemos darle un perfil que lo haga comunicarse de manera más técnica y precisa sobre los componentes y las reacciones químicas de interés. El perfil podría decir cosas como "La fórmula química del agua es H_2O " o bien "La reacción química entre el ácido clorhídrico (HCl) y el hidróxido de sodio (NaOH) produce sal común (NaCl) y agua (H_2O)."

El Módulo de percepción es el puente entre el mundo exterior y el ente artificial autónomo durante el proceso de la toma de decisiones. Su función es interpretar la información proveniente del entorno y transformarla en un formato que pueda ser procesado por el robot. Esto incluye la interpretación de información multimodal, como texto, imágenes y estímulos auditivos (frecuencias de ondas sonoras).

En el tema que nos concierne, ¿cómo logran las máquinas descifrar el lenguaje de las moléculas y desarrollar la capacidad de crear nuevos compuestos sin contar con una capacitación profunda en los conceptos y principios de la química?

La respuesta radica en la capacidad que tienen los robots y otros instrumentos provistos de IA para analizar y procesar grandes cantidades de datos relacionados con propiedades estructurales, fisicoquímicas y farmacológicas. Aunque estas máquinas inteligentes no poseen un conocimiento químico-farmacéutico tradicional, pueden ser entrenadas para identificar patrones estructura/actividad y relaciones estructura/propiedad en los datos químicos disponibles.

En este sentido, las moléculas se pueden describir de diversas maneras, utilizando desde fórmulas estructurales bidimensionales hasta modelos tridimensionales más detallados. Además, las moléculas se pueden caracterizar a través de propiedades como la solubilidad, la reactividad molecular, la eficacia terapéutica, o los datos espectrales de técnicas como la resonancia magnética nuclear (RMN) o la espectrometría de masas (EM), que son herramientas que ayudan a conocer la composición y estructura de las moléculas.



Dichas propiedades estructurales son fundamentales para entender el comportamiento molecular. Sin embargo, para aprovechar toda esta información mediante la IA, se debe transformar a un formato numérico que una computadora pueda procesar. La conversión de las propiedades moleculares en formatos numéricos permite que los algoritmos de IA puedan aprender y analizar estos datos, lo que puede llevar a descubrimientos y aplicaciones innovadoras.

¿Cómo están revolucionando los agentes inteligentes la investigación científica en general y avance de la química en particular?

En el caso particular de la química farmacéutica, los agentes inteligentes están revolucionando la química farmacéutica al demostrar su capacidad para automatizar tareas rutinarias con mucha eficiencia y reproducibilidad; es decir, sin cometer los errores que se presentan en cualquier actividad humana.

A continuación, presentamos algunos ejemplos ilustrativos del uso de la IA en el área de la química farmacéutica.

Coscientist impulsado por el asistente provisto con IA GPT-4. Este robot diseña, organiza y lleva a cabo experimentos complejos de manera autónoma, habiendo logrado resultados excelentes en la síntesis de fármacos como la aspirina o el paracetamol. Este avance abre posibilidades para crear moléculas análogas con mayor eficiencia terapéutica y sin efectos secundarios indeseables, lo que tiene un impacto significativo en la salud pública.

ProtAgent es un sistema innovador multiagente que simula diversas funciones humanas, como la gerencia de proyectos y la ingeniería de datos. Destaca la capacidad de *ProtAgent* en la identificación de los genes asociados con el cáncer de páncreas. El sistema identificó con precisión más de 20 genes relevantes, con una exactitud del 80%. Este logro abre nuevas oportunidades a la investigación genética para la exploración y diseño de nuevas dianas farmacológicas innovadoras en el tratamiento del cáncer.

CALMS es un sistema de asistencia diseñado para optimizar la eficiencia en el manejo de un laboratorio. Su función principal es mejorar la operación de los instrumentos necesarios. *CALMS* emplea algoritmos sofisticados que facilitan la automatización de tareas y la realización de acciones precisas utilizando equipos típicos de laboratorio.



Es evidente que la investigación farmacéutica está al borde de experimentar una revolución tecnológica. Los agentes hechos por el hombre provistos de IA están demostrando su capacidad para automatizar tareas rutinarias, facilitar la aplicación de técnicas avanzadas y acelerar descubrimientos valiosos en el área de la medicina, aunque esta revolución también plantea desafíos.

Por ejemplo, Asimov enfatizó la importancia de la responsabilidad humana en el desarrollo y aplicación de la vida inteligente artificial. Se ha dicho que los seres humanos deben ser responsables de las acciones de los robots, y que deben tomar medidas para prevenir daños o abusos en materia de privacidad de datos, derechos de propiedad intelectual y acceso equitativo a terapias impulsadas por IA.

Aquí es importante considerar que la innovación tecnológica no puede ser una excusa para ignorar la ética. En particular, en el proceso de promoción de aplicaciones de la IA, siempre debemos adherirnos a los principios éticos y asegurar que no se violen la dignidad y los derechos humanos.

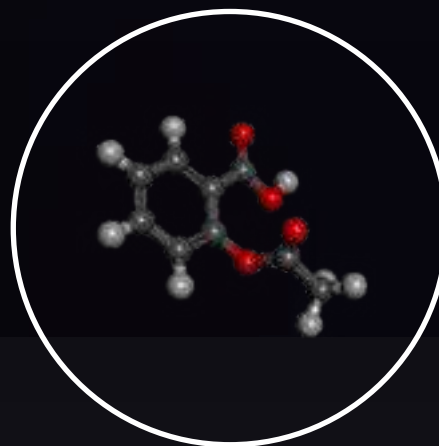
A continuación, algunos casos ilustrativos de la conexión entre ética y el desarrollo de fármacos mediante la IA.

La información confidencial, como son los datos personales y genómicos, debe ser protegida para evitar filtraciones o su mal uso. Para lograr esto es fundamental establecer los mecanismos apropiados para la protección de datos, como son la anonimización y la encriptación.

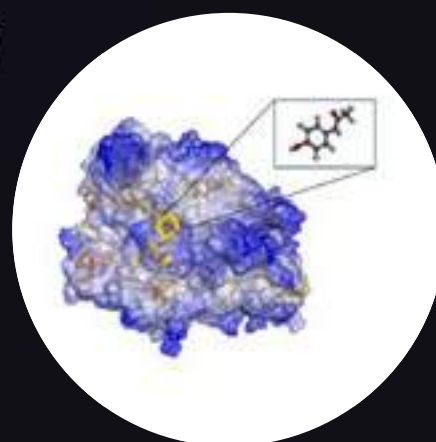
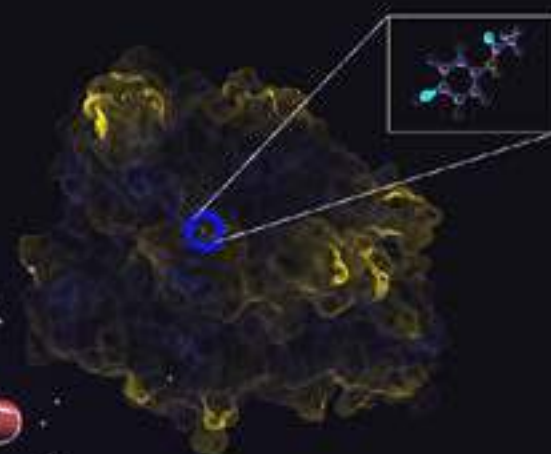
Así pues, la innovación tecnológica es el motor que impulsa el desarrollo deseado en el campo farmacéutico. En particular, la aplicación de la IA abre nuevas oportunidades en la investigación y el desarrollo de nuevos fármacos. Por lo tanto, es fundamental que los investigadores sigan explorando el potencial de la IA en el diseño de fármacos, aprovechando al máximo sus ventajas únicas en el análisis de datos y el reconocimiento de patrones, que conllevan a la implementación de herramientas y métodos más potentes para el desarrollo de medicinas más eficientes y seguras.



Paracetamol



Aspirina



Ligando enzimático



La integración de la IA en los esquemas del trabajo diario para la elaboración de los productos farmacéuticos nos lleva a reflexionar sobre la visión de Isaac Asimov. En sus obras, Asimov exploró la coyuntura y oportunidades, así como los desafíos de la interacción entre humanos y máquinas. En efecto, en la actualidad estamos viviendo una situación en la que las herramientas de IA se están convirtiendo en parte integral de la investigación química y farmacéutica.

Para garantizar que la tecnología de IA se utilice de manera responsable y ética, debemos buscar inspiración en Asimov. Su enfoque en la colaboración y la comunicación entre humanos y máquinas nos ofrece una guía valiosa para asegurarnos de que la IA se utilice para *enriquecer la humanidad, en lugar de reemplazarla*. Así, la aceptación generalizada de las herramientas provistas de IA en la investigación farmacéutica ofrece una oportunidad única para reflexionar sobre nuestros valores y principios.

¿Qué tipo de futuro queremos crear? ¿Cómo podemos asegurarnos de que la tecnología se utilice para beneficio de la humanidad? Estas son las preguntas que se planteó Asimov y que nosotros debemos hacernos a medida que avanzamos en esta nueva era de la investigación.



LECTURAS RECOMENDADAS

- Naranjo Castañeda, C.; Juaristi, E. "El moderno Prometeo: La Inteligencia Artificial en el desarrollo de fármacos", *Mercurio Volante*, suplemento de Hipócrata Lector, 2025, No. 35, 2-9.
- Caldas Ramos, M.; Collison, C.; White, A. D. "A Review of Large Language Models and Autonomous Agents in Chemistry". *Chem. Sci.* 2025, 16, 2514
- Fu, L.; Jia, G.; Liu, Z.; Pang, X.; Cui, Y. "The Applications and Advances of Artificial Intelligence in Drug Regulation: A Global Perspective". *Acta Pharm. Sin. B* 2025, 15, 1-14.

CARLOS NARANJO CASTAÑEDA
Alumno de doctorado del departamento de Química en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav).

EUSEBIO JUARISTI
Profesor-investigador titular de dicho departamento, pertenece a El Colegio Nacional.



UN IDIOMA PROPIO

ULISES CORTÉS

Los recientes avances en modelo masivo de lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés) y las aplicaciones construidas sobre ellos, como Bert, ChatGPT, DeepSeek, LLaMa, etcétera, han revolucionado por completo las interacciones entre los humanos y los sistemas basados en la Inteligencia Artificial debido a su capacidad para generar textos inteligibles y coherentes. Su desempeño se debe a aplicaciones construidas sobre transformadores, preentrenadas con modelos construidos a partir de enormes cantidades de datos sin procesar.

Un transformador es un modelo de aprendizaje profundo diseñado para procesar datos secuenciales, como texto, mediante el mecanismo de autoatención. Este mecanismo asigna diferentes pesos a las

partes de la entrada a fin de identificar relaciones y contexto entre los elementos de una secuencia. Estas aplicaciones pueden, entre otras tareas, responder preguntas, resumir textos y participar en conversaciones, lo que las hace adecuadas para tareas simples en una variedad de campos, incluso a veces superando a los humanos en velocidad, aunque no necesariamente en calidad.

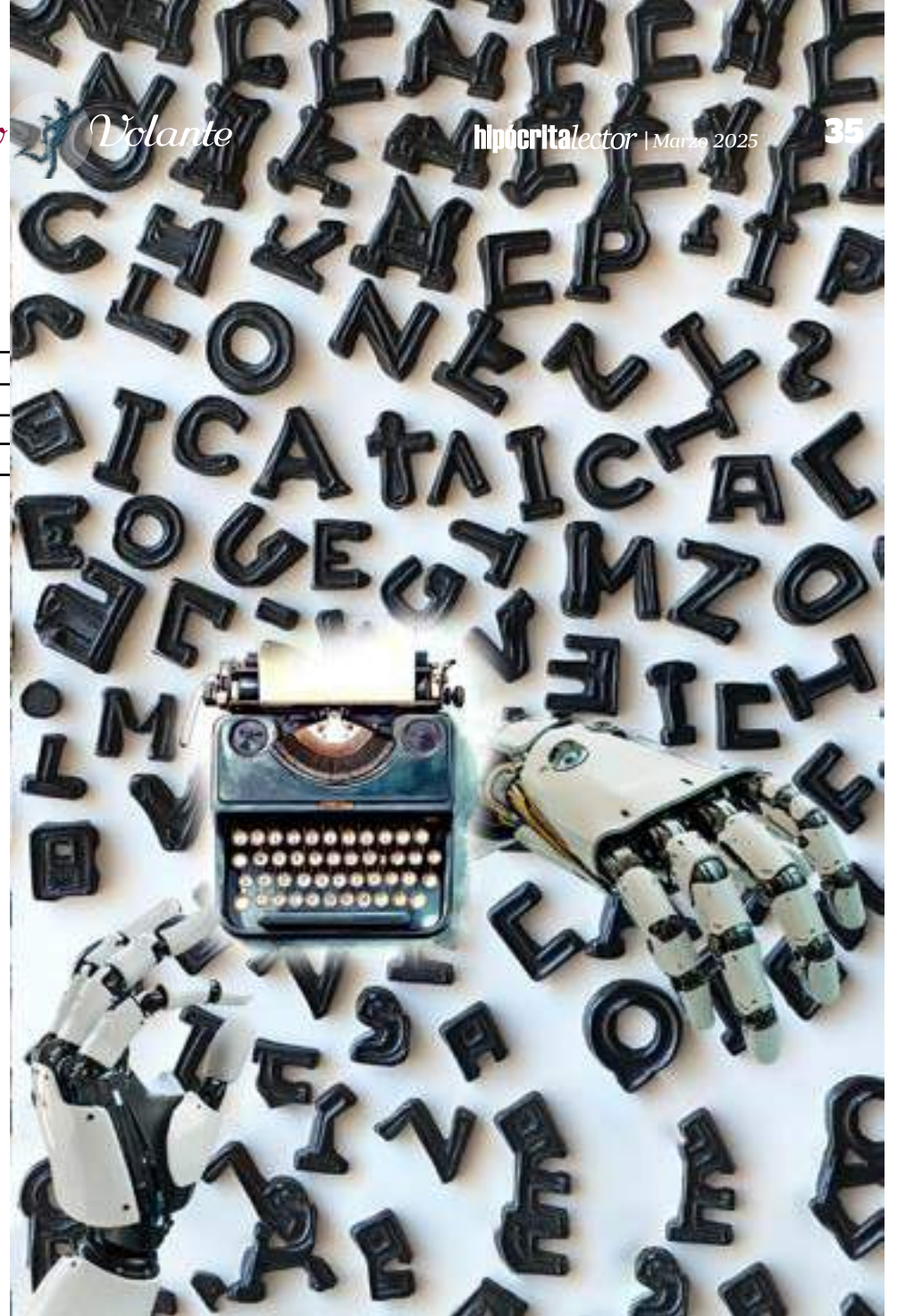
Sin embargo, a pesar de sus capacidades, estos modelos tienden a cometer errores en las respuestas, que sus desarrolladores llaman alucinaciones, lo que es un claro uso abusivo del lenguaje. Una *alucinación* ocurre cuando un LLM genera una respuesta en apariencia *realista*, pero que es no factual, es absurda o es inconsistente con la pregunta y el contexto proporcionado.



Estos errores (o alucinaciones) de los LLMs pueden llevar a la difusión de información falsa, lo que, en algunos casos, ocurre de manera no intencionada debido las prisas o a la falta de razonamiento crítico por parte de los usuarios al interpretar y validar las respuestas generadas.

No obstante, un problema aún más profundo reside en la falta de auditoría y certificación exhaustiva y oficial de estos modelos comerciales. Esta carencia incrementa de forma substancial el riesgo de que los LLM perpetúen y amplifiquen sesgos de género, racismo y la polarización de los discursos, lo que puede tener consecuencias perjudiciales en aplicaciones sensibles como la toma de decisiones y, en general, erosionar la confianza pública en los sistemas basados en la inteligencia artificial.

La creación de un modelo masivo de lenguaje (LLM) para el español, auspiciado por el gobierno mexicano, es necesario por varias razones. En primer lugar, garantiza la soberanía tecnológica de México, reduciendo la dependencia de modelos extranjeros y permitiendo el desarrollo de herramientas adaptadas a nuestro contexto cultural y lingüístico, algo que es fundamental para la seguridad nacional y el desarrollo estratégico del país.



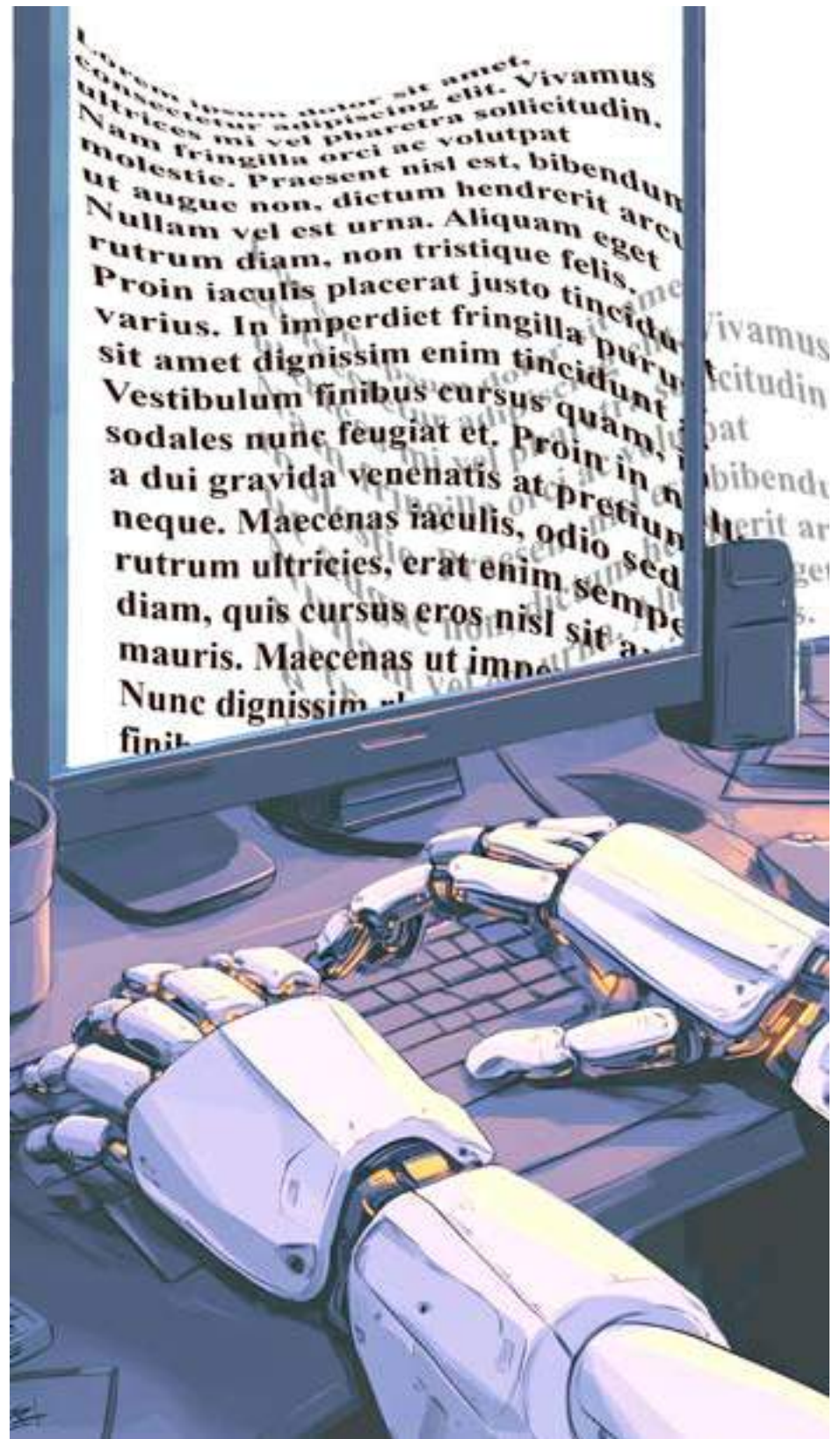
La creación de un modelo masivo de lenguaje (LLM) para el español, auspiciado por el gobierno mexicano, es necesario por varias razones. En primer lugar, garantiza la soberanía tecnológica de México, reduciendo la dependencia de modelos extranjeros y permitiendo el desarrollo de herramientas adaptadas a nuestro contexto cultural y lingüístico, algo que es fundamental para la seguridad nacional y el desarrollo estratégico del país.





Además, un LLM mexicano ayudaría a preservar la riqueza del español de México, con sus 68 lenguas indígenas reconocidas y sus variantes regionales únicas. Como dice la experta en lingüística, Concepción Company Company, "la lengua es un vehículo esencial para la identidad cultural". Desde la vertiente económica, ayudaría a impulsar sectores clave como la educación, el comercio y las industrias creativas, fortaleciendo la competitividad de México en la economía digital global, en particular, en el espacio hispanoparlante. Desde el punto de vista tecnológico facilitaría el acceso a herramientas basadas en la IA para empresas y ciudadanos, reduciendo la brecha tecnológica y promoviendo la inclusión digital.

La investigación y el desarrollo tecnológico llevados a cabo dentro de México, representan una oportunidad invaluable para impulsar la innovación y el crecimiento económico del país. Al invertir en la creación de modelos masivos del lenguaje propios, se fomenta la generación de empleo de alta tecnología, se atrae inversión extranjera y se fortalece la posición de México como un actor relevante en la economía digital global. El desarrollo de un LLM, patrocinado por el gobierno, para el español es un paso necesario hacia la soberanía tecnológica, que permitirá a México competir en mejores condiciones en el mercado internacional de las aplicaciones basadas en la IA.



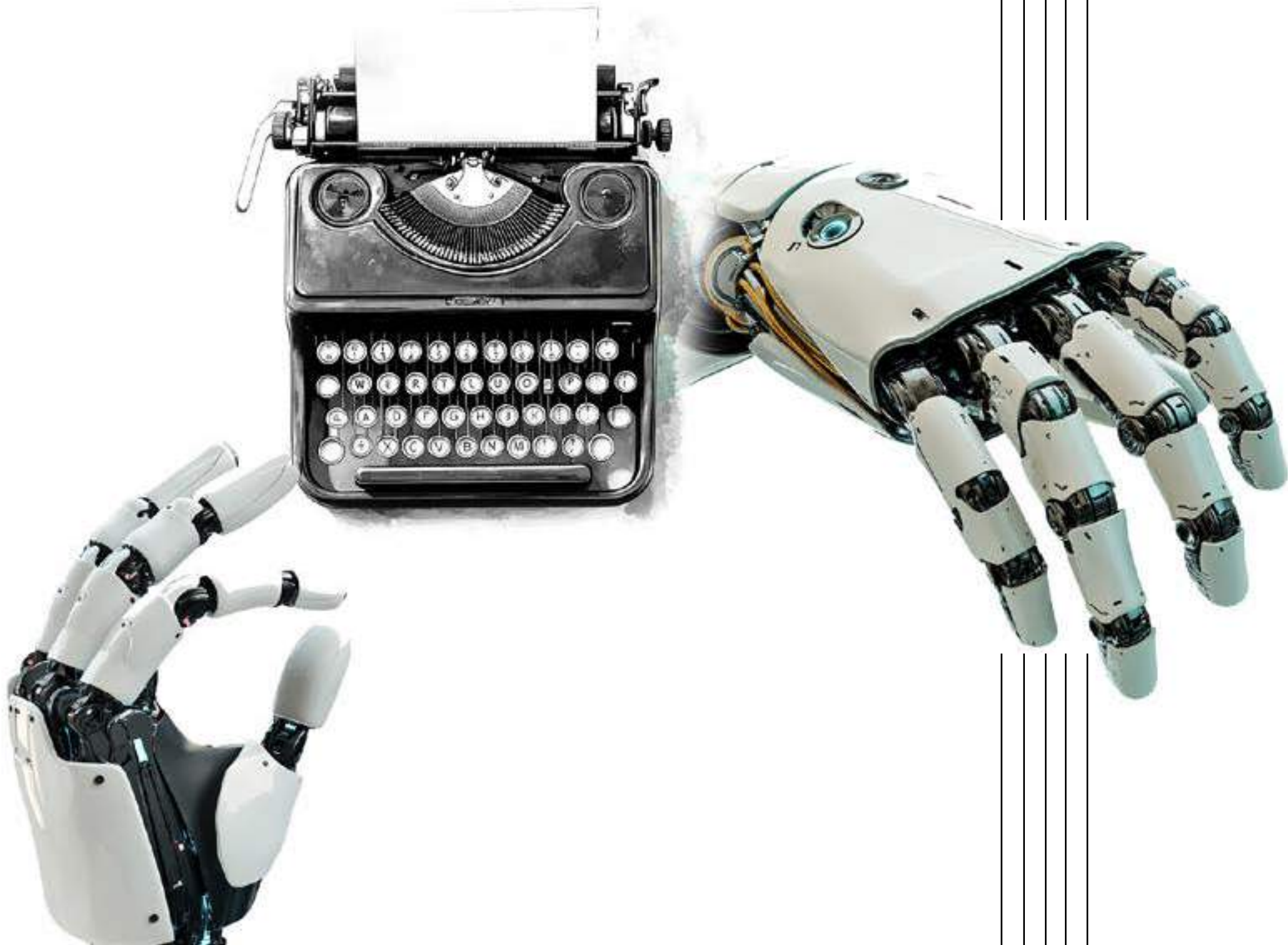
Este proyecto salvaguardaría la riqueza y diversidad del español, asegurando no solo la precisión en las traducciones, sino también preservando los matices, matices y expresiones propias de la cultura mexicana en el ámbito tecnológico. Además, establecería estándares para el uso del idioma en tecnologías avanzadas, manteniendo su capacidad expresiva y adaptabilidad a nuevos contextos.

Un proyecto de esta magnitud no solo representa una inversión en tecnología, sino en la identidad y el futuro de México, colocándolo como líder en IA en Latinoamérica y garantizando que el desarrollo tecnológico se alinee con los valores legales, culturales y de género y con las necesidades específicas para el desarrollo integral del país.



ULISES CORTÉS

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



LA PIEDRA DE LA LOCURA: UNA HISTORIA DE LA PSICOCIRUGÍA

MARIO DE LA PIEDRA WALTER

Un falso cirujano, con un embudo de metal en la cabeza, abre con un cuchillo la coronilla de un hombre aferrado a una silla. El pobre hombre se retuerce y clava sus ojos agónicos en los del espectador. Frente a él, un fraile vestido de terciopelo negro sostiene una jarra mientras recita una bendición. Una monja, que equilibra un libro grueso sobre su mollera, mira con apatía el tulipán que el cirujano extrae de la cabeza del hombre. *La extracción de la piedra de la locura* (1475), un cuadro del pintor neerlandés Hieronymus Bosch, que cuelga en el Museo del Prado junto a su obra más conocida: *El jardín de las delicias*.

Apenas percibido por los más de ocho mil visitantes al día, este pequeño retablo de 48 centímetros de alto y 35 centímetros de ancho está lleno de simbolismos. Durante la Edad Media se creía que una piedra dentro de la cabeza era la causa de la locura. Era común que cirujanos-barberos, o gente que se hicieran pasar por ellos, perforaran el cráneo de estos individuos para extraer los males. Hieronymus Bosch, conocido en español como El Bosco, retrató en su cuadro una alegoría de la superstición y la ignorancia, en donde acusaba al clero de ser partícipe de prácticas absurdas.

En su extraordinario libro-ensayo, *la piedra de la locura* (2021), Benjamín Labatut rescata esta pintura para reflexionar acerca de los límites de la ciencia y la fragilidad de sus certezas. Citando a Michel Foucault en *Historia de la locura en la época clásica* (1961): «el famoso doctor del Bosco está mucho más loco que el paciente que intenta curar, y en su falso conocimiento no hace más que revelar los peores excesos de una locura que es inmediatamente evidente para todos, excepto para el mismo».



El procedimiento retratado es tal vez la intervención quirúrgica más antigua de la que se tiene registro: la trepanación. Desde el neolítico medio, hace más de siete mil años, la trepanación se practicó en todos los continentes de manera constante. En un cementerio prehistórico, datado en el 6500 a.c. en Francia, se encontraron trepanaciones en cuarenta de los ciento veinte cráneos exhumados, de los cuales alrededor del 40% de los individuos sobrevivieron al procedimiento.

Se ha especulado — sin pruebas contundentes — que la trepanación tenía un fin médico-ritualista en las sociedades antiguas, practicada por chamanes o curanderos para tratar dolores de cabeza o enfermedades provocadas por demonios dentro de la cabeza. Es probable que los motivos variaran de cultura en cultura. En China, por ejemplo, se encontró un entierro de doce chamanes con perforaciones en sus cráneos, lo que ha llevado a suponer una práctica religiosa para comunicarse con los dioses o los espíritus de sus antepasados.

En Perú, civilizaciones preincaicas utilizaron un cuchillo quirúrgico llamado tumi para aliviar — supuestamente — dolores y evacuar demonios. Los primeros registros detallados sobre la trepanación se encuentran en los tratados hipocráticos (*Corpus hippocraticum*), un conjunto de cincuenta escritos médicos atribuidos a Hipócrates, el padre de la medicina contemporánea, y que han sobrevivido hasta nuestros días. En los textos se discute extensamente sobre cuáles lesiones en la cabeza deben ser tratadas por este método.

En Perú, civilizaciones preincaicas utilizaron un cuchillo quirúrgico llamado *tumi* para aliviar – supuestamente – dolores y evacuar demonios. Los primeros registros detallados sobre la trepanación se encuentran en los tratados hipocráticos (*Corpus hippocraticum*), un conjunto de cincuenta escritos médicos atribuidos a Hipócrates, el padre de la medicina contemporánea, y que han sobrevivido hasta nuestros días. En los textos se discute extensamente sobre cuáles lesiones en la cabeza deben ser tratadas por este método.

Los romanos, por su lado, desarrollaron un instrumento conocido como *terebra serrata*, el taladro quirúrgico de la antigüedad. Similar a los procedimientos contemporáneos, donde se perfora un orificio en el cráneo y se coloca un drenaje para evacuar la sangre después de una hemorragia cerebral, es improbable que los antiguos griegos y romanos tuvieran una noción sobre la presión intracerebral. Puede que asociaran más bien la sangre con el agua que se pudre si se estanca, por lo que había que dejarla fluir.

En la Edad Media, se extendió su uso para tratar tanto la epilepsia como las enfermedades mentales. Un texto del siglo XIII, el *Quattuor magistri*, recomienda abrir el cráneo de los epilépticos para que «los humores y el aire puedan salir y evaporarse». Durante el renacimiento se le consideró como una intervención extrema y muchos – como en la pintura de El Bosco – la acusaron de ser una práctica supersticiosa. Sin embargo, aún hasta el siglo XVI se recomendaba para tratar la locura y la melancolía en lugares como Oxford.



Los romanos, por su lado, desarrollaron un instrumento conocido como *terebra serrata*, el taladro quirúrgico de la antigüedad. Similar a los procedimientos contemporáneos, donde se perfora un orificio en el cráneo y se coloca un drenaje para evacuar la sangre después de una hemorragia cerebral, es improbable que los antiguos griegos y romanos tuvieran una noción sobre la presión intracerebral. Puede que asociaran más bien la sangre con el agua que se pudre si se estanca, por lo que había que dejarla fluir.



En 1848, un empleado ferroviario llamado Phineas Gage sufrió un accidente mientras trabajaba con explosivos en Vermont, Estados Unidos. Una barra de hierro de 6 kilogramos perforó su mejilla izquierda, atravesó su ojo y su lóbulo frontal izquierdo, y salió por la mitad superior de su cráneo. El joven de veinticinco años ni siquiera perdió la consciencia y para sorpresa de todos sobrevivió al incidente.

Cuando retiraron la barra, nadie pensó en las consecuencias que este evento tendría en la vida de Gage. Después de su recuperación, su médico, el doctor John Harlow, notó cambios en su personalidad. La persona responsable y emprendedora de antes ahora era impulsiva y desordenada. En palabras de sus amigos, Gage ya no era el mismo.

Harlow siguió la vida de Gage, que cargaba siempre con su barra de hierro, durante los siguientes veinte años. Cuando murió de un estatus epiléptico en 1960, Harlow estudió con detalle el cráneo de Gage junto con la barra, que después serían donados a la escuela de medicina de Harvard.

En 1868 publicó un artículo médico sobre el caso: la primera descripción del síndrome del lóbulo frontal. A raíz de esto, y de estudios en soldados con heridas en la cabeza, fue claro que ciertas áreas en el cerebro tenían influencia en el comportamiento y en las emociones. En Suiza, el psiquiatra Gottlieb Burckhardt realizó la primera psicocirugía en seis individuos con desórdenes mentales y comportamiento agresivo en 1888, a quienes seccionó gran parte del lóbulo parietal y temporal. Su reporte no fue bien recibido por la comunidad médica y a los pocos años abandonó sus investigaciones.





En 1935, el psicólogo estadounidense, el doctor John Fulton, presentó una serie de experimentos en el Congreso Internacional de Neurología de Londres que reavivarían el interés por la psicocirugía.

Al remover la corteza prefrontal de dos chimpancés, la misma región dañada en el accidente de Gage, notó que quedaban «desprovistos de expresión emocional» y sin capacidad de «sentir frustración o rabia». Entre los participantes del congreso se encontraban dos neurocientíficos portugueses, el doctor Antonio Egas Moniz y su colaborador, el neurocirujano Almeida Lima, que investigaban la posibilidad de seccionar los nervios que conectan los lóbulos frontales con el resto del cerebro (leucotomía).

Respaldados por los resultados de Fulton, realizaron la primera leucotomía en un paciente psiquiátrico ese mismo año. Al año siguiente, presentaron una serie de veinte pacientes y en 1949 obtuvieron el premio Nobel por su «descubrimiento del valor terapéutico de la leucotomía en ciertas psicosis». Otros dos médicos presentes en el mismo congreso, los estadounidenses Walter Freeman y James Watts llevarían a la psicocirugía hasta el extremo.

En la primera mitad del siglo XX, la situación en las instituciones psiquiátricas era catastrófica. A falta de medicamentos psiquiátricos, la mayoría de los pacientes con enfermedades mentales graves eran recluidos en sanatorios abarrotados por el resto de sus vidas. Tratamientos agresivos como la terapia electroconvulsiva o el choque insulínico no brindaban una solución para la mayoría y los costos económicos y sociales eran exorbitantes.

Para muchos, la psicocirugía se presentó como la *panacea* a todos estos problemas. Con el desarrollo de la lobotomía transorbital, ideada por Watts y Freeman a principios de los cuarenta, las cirugías se volvieron más accesibles. Su método consistía en introducir una especie de picahielo a través del párpado y perforar la órbita hasta llegar a los lóbulos frontales. Ambos publicaron un reporte en 1942, donde constataron que, de 200 pacientes psiquiátricos, el 63% había mejorado, el 23% no mejoró y el 14% había empeorado o muerto a causa de la operación.

Freeman esperaba que su técnica se expandiera por todas las instituciones, ya que no requería mayor destreza y se podía realizar en cuestión de minutos. Incluso llegó a viajar por todo Estados Unidos en su "lobotomóvil", un quirófano rodante donde realizó al menos cuatro mil lobotomías, la mayoría de ellas sin utilizar guantes o máscara quirúrgica. Pronto extendió su uso desde pacientes con esquizofrenia severa hasta personas con problemas de agresividad, epilepsia e incluso «homosexualidad».

En tan solo dos décadas, entre 1936 y 1956, se realizaron más de sesenta mil lobotomías en Estados Unidos y Europa. Sin embargo, la falta de rigor científico, su uso indiscriminado y las graves consecuencias para la mayoría de los pacientes, atrajo el rechazo de gran parte de la comunidad científica. En medio de fuertes cuestionamientos éticos (Freeman llegó a lobotomizar a diecinueve menores de edad, incluyendo a un niño de cuatro años), la década de los cincuenta fue testigo de los primeros fármacos antipsicóticos como la clorpromazina y el haloperidol, que revolucionaron el campo de la psiquiatría.

Ante la efectividad de estos, la lobotomía cayó en desuso y, en 1973, fue descalificada formalmente en el Congreso Mundial de Neurocirugía. Entre el cuadro de El Bosco y prohibición de la lobotomía hay quinientos años de diferencia, pero el terror es el mismo: la locura de la razón. La demencia de creernos poseedores de la verdad y aferrarse a ella. Solo la historia juzgará nuestro tiempo, no sabemos si lo que hoy es el remedio mañana será lo atroz.



BIBLIOGRAFÍA:

- Faria MA. "Violence, mental illness, and the brain – A brief history of psychosurgery: Part 1 – From trephination to lobotomy". *Surg. Neurol. Int.* 2013; 4:49.
- Gross C. *A Hole in the Head: A History of Trepanation*. The MIT Press Reader. 2021.
- Priya K, Safeekh A. "A Brief History of Psychosurgery". *Arch. Med. Health Sci.* 2019; 7:118-20.

*MARIO DE LA PIEDRA WALTER

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



Artífices de la ciencia contemporánea

AARON KLUG: PASEOS CON UN GUARDIÁN DE LA VIDA

CARLOS CHIMAL

Tuve la fortuna de conocer a uno de los creadores de la ciencia que ha permitido adentrarnos en el mundo secreto de los microorganismos. Me refiero a sir Aaron Klug, cuyo gusto por la literatura, la historia de Egipto, la música me permitió conocerlo aún mejor.

Sir Aaron nació en Lituania, pero la situación social inestable obligó a su familia a emigrar a Sudáfrica. Más tarde vino a Cambridge, luchó por un sitio en el selecto Medical Research Council (MRC), hervidero de premios Nobel, y finalmente obtuvo ambos, esto es, logró ingresar al MRC y ganó el Nobel por sus cruciales contribuciones al conocimiento estructural de bichos como las bacterias, los virus y los hongos mediante técnicas de microscopía electrónica.

En lugar de una charla convencional en su laboratorio, sir Aaron me permitió acompañarlo en algunas de sus caminatas a lo largo del río Cam que atraviesa el pueblo británico de Cambridge.

¿Qué lo llevó a preferir lo biológico?

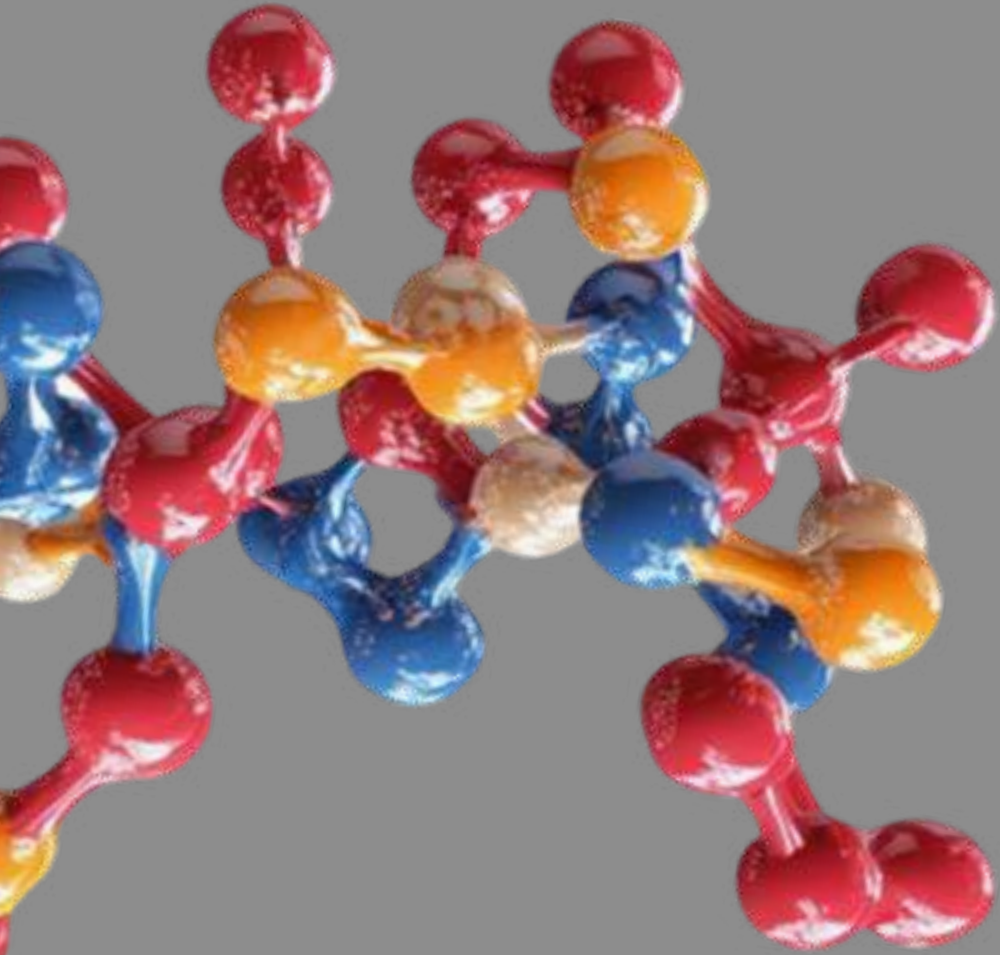
“La física”, respondió sin pensarlo, “estudié de manera concienzuda ese mundo de las cosas simples y básicas, lo cual me impulsó a recordar mis primeras enseñanzas del mundo vivo, cuando estudié en Sudáfrica”.

¿Fue allí donde se interesó por la difracción de rayos X?

“Sí, ingresé a la Universidad de Ciudad del Cabo. Usted sabe, en la juventud no cesa uno de mostrar interés por diversos asuntos, así que también asistía a clases de matemáticas, filosofía y poesía”.

Entiendo que cuando vino a Cambridge no entró directamente al MRC.

“Así fue, yo estaba recomendado para trabajar con sir Lawrence Bragg, director del legendario Laboratorio Cavendish, si bien mostré mi interés por el MRC. No obstante, él creyó que el grupo de Max Perutz en dicha institución estaba completo y no era necesario agregar más proyectos a su de por sí ardua carga de trabajo. Me propuso hacer algo para analizar el desorden atómico en silicatos. No me agradó la idea”.



Cabe aclarar que Max Perutz fue el gurú del MRC, fue él quien contrató a Crick y Watson, y a otros más. El trabajo de todos ellos desembocó en la nueva, poderosa genética molecular. Con esta pléyade de pensadores también tuve la suerte de conversar en repetidas ocasiones.

Entonces sir Aaron se topó con John Desmond Bernal.

“En efecto, él era entonces jefe del departamento de Física de Birkbeck College y tenía un especial interés por resolver con precisión cuál era la estructura de las proteínas y sus procesos de ensamblaje, paso esencial si queríamos entender lo que da paso a la vida”.

Poco tiempo después apareció Rosalind Franklin, quien venía bien recomendada por su trabajo en cristalografía a través de rayos X realizado en King's College de Londres. ¿Qué recuerdos tiene de ella?

“Fue una chica excepcional. En ese momento se hallaba analizando las fibras que constituyen el virus mosaico del tabaco mediante difracción de rayos X. Yo me entusiasmé con su inteligencia, así que la colaboración surgió de inmediato”.

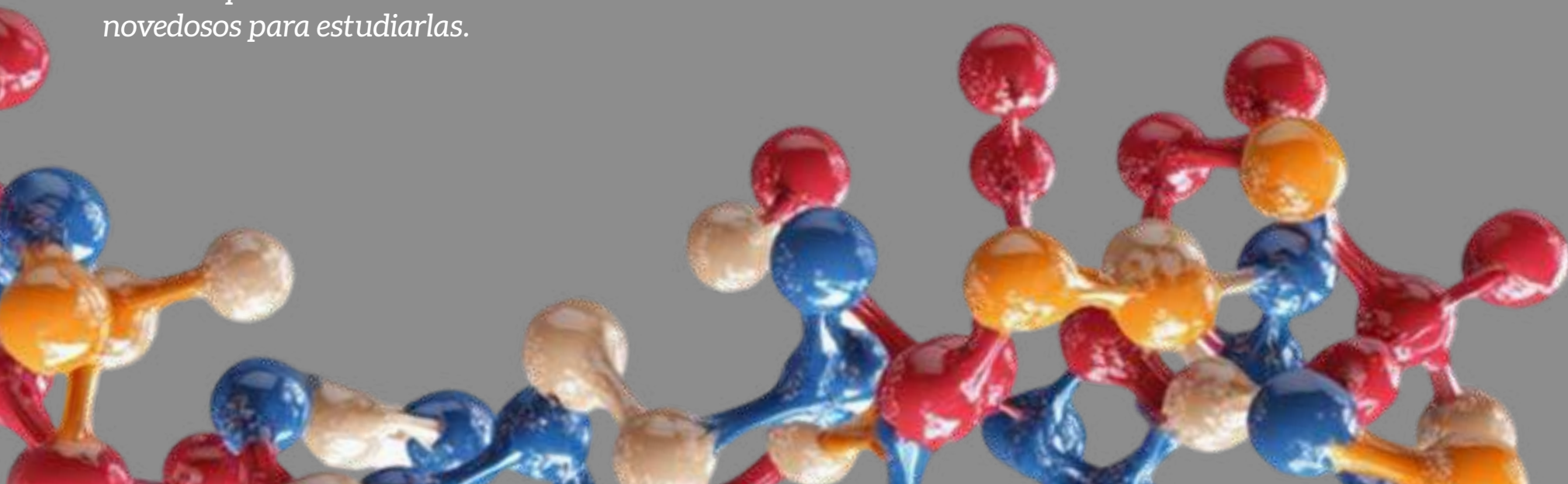
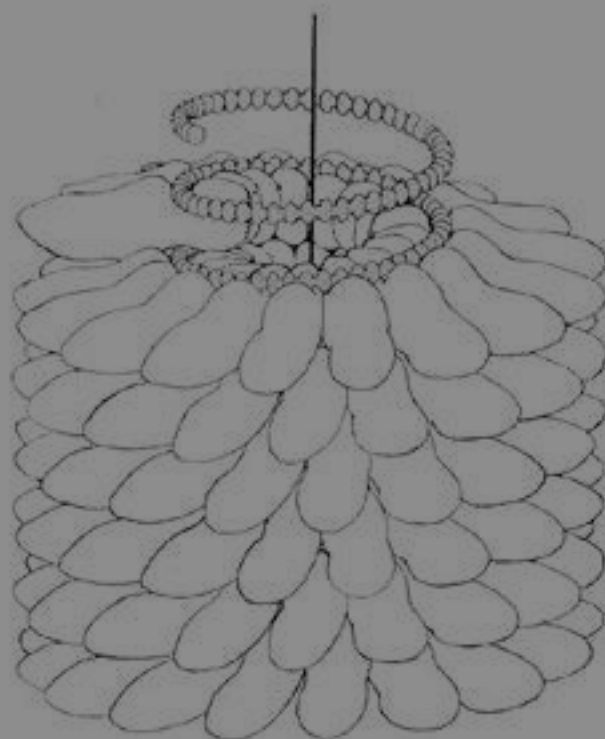
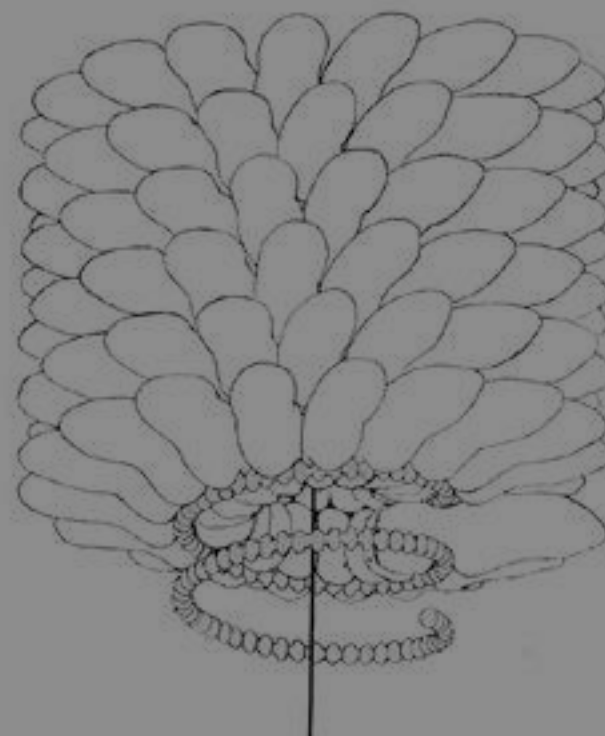
Rosalind murió en abril de 1958. Veinticuatro años más tarde sir Aaron fue galardonado con el Premio Nobel de Química por sus trabajos seminales sobre la estructura de grandes conglomerados, o ensambles, de moléculas importantes para los organismos vivos, así como por el desarrollo de métodos novedosos para estudiarlas.

En otra ocasión hablamos de su gusto por la historia antigua, en particular por la egiptología. ¿Qué le atrajo de este asunto?

“Los numerosos enigmas que plantea; algunos son profundos, otros más triviales. Pienso que las preguntas difíciles son las únicas que vale la pena responder”.

Sir Aaron descubrió los “dedos de zinc”, hoy esenciales para desarrollar terapias génicas. Se conocen más de doscientos “dedos”, pequeños rizados de unos treinta aminoácidos que se encuentran agrupados alrededor de iones de zinc, clave en la actividad génica de miles de especies vivas. También explicó las causas de que polivirus y otros virus esféricos tuvieran esa y no otra forma geométrica, buena parte apoyado en su colaboración con Rosalind Franklin. Esto ha ayudado a diseñar estrategias de defensa biológica. Más tarde fue director del MRC; bajo su administración empujó seriamente el Proyecto del Genoma Humano.

Sir Aaron fue galardonado en 1982 con el Premio Nobel de Química por sus trabajos seminales sobre la estructura de grandes conglomerados, o ensambles, de moléculas importantes para los organismos vivos, así como por el desarrollo de métodos novedosos para estudiarlas.





¿Qué autores de literatura son sus favoritos?

“Charles Dickens porque es emocionante y muestra el teatro social de su época, que de cierta y penosa forma no se ha ido; George Elliot me gustó por su fineza mental; Fyodor Dostoevski, debido a su tremendo conocimiento de la psique humana; de Tolstoi solo leía *Ana Karenina*, una epopeya sentimental entretenida. Disfruté especialmente la obra de Iris Murdoch”.

Pudiera parecer que solo intentaba ponerse al día, dado que su carrera como investigador estaba subiendo como la espuma, pero una espuma plástica, resistente. No, en realidad su interés por el pensamiento de grandes personas era genuino. Después de obtener el Nobel casi todos adoptan una actitud reflexiva que los lleva a ahondar en esta necesidad de entender el mundo.

Sir Aaron se refiere al *Prometeo* de Goethe.

“A través de esa magnífica disertación filosófico-poética aprendí cuáles fueron las actitudes típicas del antecedente románico alemán, el *Storm un Drang*, es decir, tormenta y confusión”.

Su mujer, concertista, lo acercó al mundo de la música, pues no tenía ningún talento para esto.

“Ella enriqueció mi apreciación como lego, por ejemplo, con los autores proto románticos de dicho movimiento. Ahora puedo disfrutar como si cada concierto fuera nuevo”.

Sir Aaron falleció el 20 de noviembre de 2018, a los 92 años de edad.



● De izquierda a derecha, Aaron Klug, Max Perutz y Fred Sanger, los tres premios Nobel del Medical Research Council (MRC), muestran modelos de moléculas de interés para la vida.



EN PORTADA:
MERCURIO EN SU CUARTO AÑO DE VUELO.
ILUSTRACIÓN DE ANA C. LANDA.

Mercurio  Volante
SUPLEMENTO DE
hipócritalector

**SUPLEMENTO
MERCURIO VOLANTE**

CARLOS CHIMAL
EDITOR

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ
ARTURO CAMPOS
JULIÁN D. BOHÓRQUEZ CARVAJAL
ULISES CORTÉS
ALBERTO CASTRO LEÑERO
ANDRÉS COTA HIRIART
FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH
CARMINA DE LA LUZ RAMÍREZ
MARIO DE LA PIEDRA WALTER
LORENZO DÍAZ CRUZ
CARLOS FRANZ
FRANCISCO GARCÍA OLMEDO
SIANYA ALANIS GONZÁLEZ PEÑA

JOSÉ GORDON
GERARDO HERRERA CORRAL
ROALD HOFFMANN
EUSEBIO JUARISTI
PIOTR KIELANOWSKI
JUAN LATAPÍ ORTEGA
ELÍAS MANJARREZ
ARTURO MENCHACA ROCHA
MAURICIO MONTIEL FIGUEIRAS
CARLOS NARANJO CASTAÑEDA
CELINA PEÑA GUZMÁN
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
OCTAVIO PLAISANT ZENDEJAS
ROSALÍA PONTEVEDRA
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ
MAESTRO RONCADOR
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
JUAN TONDA MAZÓN
JUAN VILLORO
COLABORADORES

HIPOCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA
DIRECTOR GENERAL

CLAUDIA CARRILLO MAYÉN
DIRECTORA EDITORIAL

ROBERTO CORTEZ
REVISIÓN

OSCAR COTE PÉREZ
DISEÑO EDITORIAL

BEATRIZ GÓMEZ
DIRECTORA ADMINISTRATIVA

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