



# PRESENCIA DE MÉXICO EN EL CERN

31 SUPLEMENTO ESPECIAL  
**hipócritalector**  
Año II, Septiembre 2024

*Mercurio*  *Volante*

## Septuagésimo aniversario del CERN

# APORTACIONES DE MEXICANOS A LA HAZAÑA CIENTÍFICA

ARTURO FERNÁNDEZ TÉLLEZ

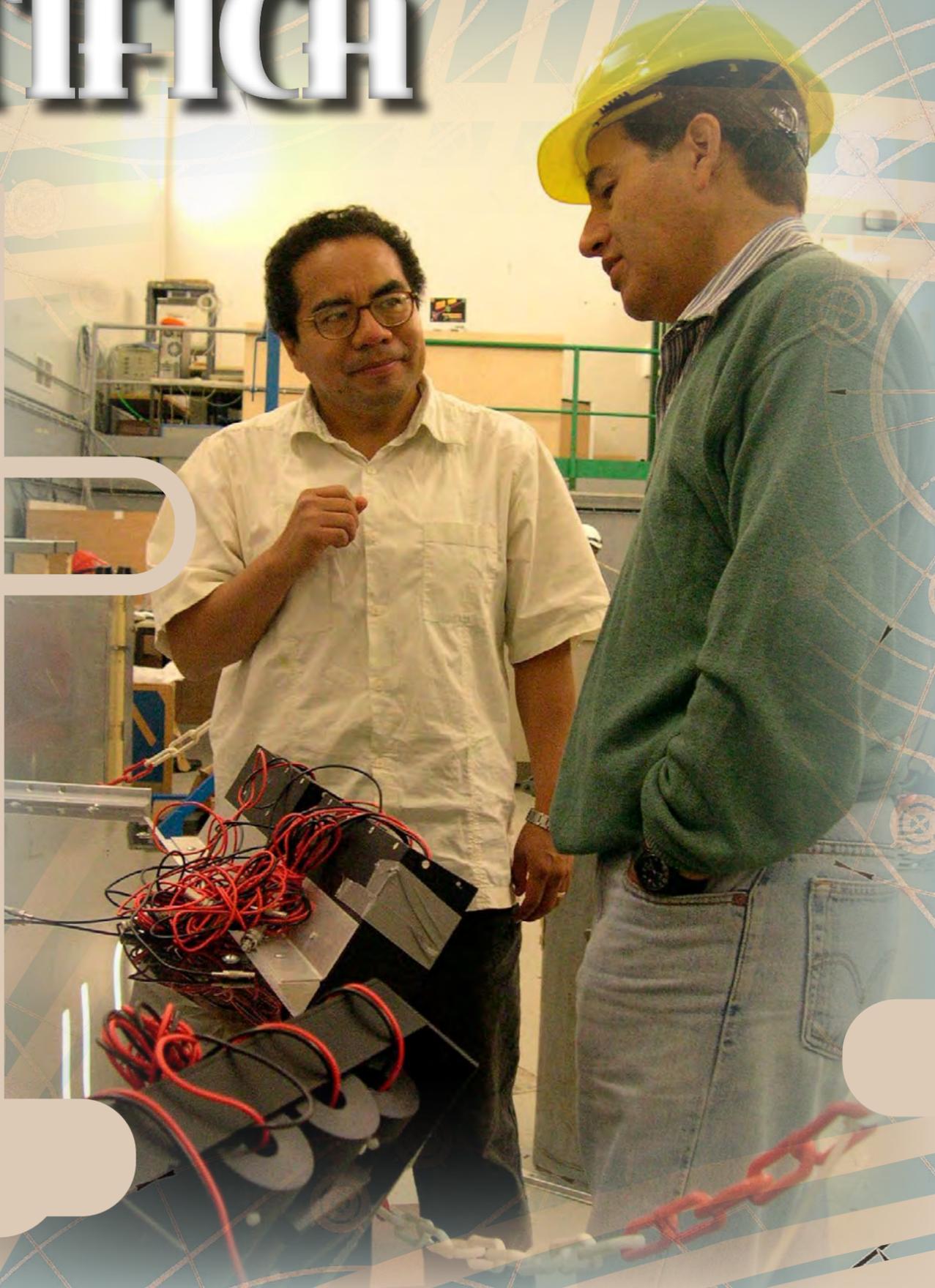
**L**iderar por setenta años consecutivos el desarrollo de una disciplina científica y tecnológica avanzada, impactando con sus hallazgos a la humanidad, es una hazaña de la que pocos lugares pueden enorgullecerse.

Hablar de la Organización Europea para la investigación Nuclear, el CERN, es referirse a hitos que han marcado el desarrollo de la física de las partículas elementales y las interacciones fundamentales que rigen el mundo subatómico. El CERN es sinónimo de cooperación internacional, trabajo multidisciplinario, ciencia básica e inventos tecnológicos que han tenido fuerte incidencia en nuestra vida diaria.

Se puede mencionar un par de ejemplos para dar contexto a estas palabras. En las instalaciones del CERN se descubrió (en 2012) la existencia del bosón escalar neutro, conocido como el bosón de Higgs, uno de los ingredientes principales de la teoría de las interacciones electrodébiles entre partículas subatómicas.

Este descubrimiento llevó al otorgamiento del Premio Nobel de Física a Peter Higgs y François Englert, por la predicción de la existencia de esta partícula. Otro evento de alta relevancia fue la invención de la www (World Wide Web), en marzo de 1989, realizada por el británico Tim Berners-Lee y el belga Robert Cailliau, investigadores del CERN quienes propusieron un protocolo computacional para la transferencia de hipertexto, lo cual llevó al crecimiento exponencial del Internet y el uso cotidiano de las "páginas web" en todo el mundo.

El 29 de septiembre de 1954 doce países europeos firmaron el acta constitutiva del Consejo Europeo para la Investigación Nuclear, el CERN (por sus siglas en francés) con la finalidad de promover la cooperación científica, hacer más atractiva la enseñanza de la ciencia, facilitar el acceso a los conocimientos científicos para construir un mundo más justo.





Más concretamente, el objetivo principal del CERN fue establecer la cooperación entre las naciones europeas en el área de la física nuclear con fines pacíficos. Eminentes científicos como Pierre Auger (Francia), Edoardo Amaldi (Italia) y Niels Bohr (Dinamarca), fueron algunos de los representantes europeos, quienes, con las heridas aún abiertas de la Segunda Guerra Mundial, propusieron fundar un laboratorio de clase mundial que retomara el desarrollo de la física atómica y promoviera el uso de aceleradores de partículas subatómicas a fin de conocer las propiedades de los constituyentes básicos de la materia.

Este llamado fructificó, aglutinando a brillantes científicos europeos que lograron conseguir el apoyo de la clase política para financiar las investigaciones de física de partículas elementales o como se conoce actualmente, la física de altas energías. Así se fundó el CERN, el laboratorio de altas energías más grande del mundo, que cumple ahora setenta años de existencia.

Con 23 estados miembros, seis organizaciones o países con el estatus de "Observador" (La Comisión Europea, Estados Unidos, Japón, Rusia, JINR-Dubna, UNESCO) y siete países asociados, incluyendo a Brasil, así como 61 países no-miembros, este laboratorio registra actualmente más de 14 mil usuarios, entre estudiantes, científicos, ingenieros y trabajadores de diversas empresas.

Con un presupuesto anual cercano a los 1,200 millones de euros, el CERN opera el Gran Colisionador de Hadrones, LHC (por sus siglas en inglés) desde finales del 2009, y lleva a cabo investigaciones de vanguardia en cuatro grandes experimentos (ALICE, ATLAS, CMS y LHCb). En ellos se analizan las colisiones entre haces de partículas (protón-protón o colisiones entre iones pesados) a las energías más altas jamás alcanzadas en un laboratorio terrestre.



● Arturo Fernández muestra, en 2007, parte del primer detector diseñado, construido y utilizado para investigación científica por mexicanos. En la foto de la página anterior los doctores Arturo y Gerardo Herrera conversan junto al sitio donde se hallan instalados los detectores de ALICE.



En el sitio <https://cern70.cern/history/> se presenta una línea de tiempo, con hechos y eventos científicos que marcan la historia del CERN a lo largo de los últimos setenta años. Se destaca la construcción y puesta en marcha de los aceleradores de partículas ISR, SPC y LHC, así como el descubrimiento de “las corrientes neutras que cambian sabor”, los bosones Z y W, el plasma de quarks y gluones, el bosón de Higgs y los espectaculares hallazgos sobre la antimateria, particularmente la producción de anti-núcleos ligeros.

Por supuesto, cada uno de estos logros científicos involucra el planteamiento de ambiciosos proyectos multinacionales, ideados y puestos en marcha por decenas de investigadores y tecnólogos de países europeos, americanos y asiáticos.

La colaboración formal entre el CERN y los científicos mexicanos se inició en 1985, cuando el grupo teórico del Cinvestav, dirigido por Arnulfo Zepeda, envió a Luis Villaseñor a realizar su trabajo de tesis de doctorado en el experimento UA1, bajo la dirección de David Cline (profesor del grupo de Madison-Wisconsin) y del propio Zepeda.

Luis tuvo el privilegio de trabajar dentro del grupo del distinguido investigador italiano, Carlo Rubia, ganador del Premio Nobel de Física en 1983 por el descubrimiento de los bosones Z y W en el experimento UA1. Con este antecedente, a lo largo de la década de los 1990 Arnulfo y Luis abrieron las puertas de jóvenes mexicanos a este laboratorio para hacer sus investigaciones en experimentos del acelerador LEP y obtener sus títulos de maestría y doctorado.

● Los colaboradores de ALICE reunidos en el punto 2 de la caverna donde descansa el acelerador LHC. En la parte superior del magneto (en rojo) pueden observarse a Arturo Fernández, Gerardo Herrera Corral, Andrés Sandoval (IF-UNAM) y dos estudiantes mexicanos.



Desde entonces, estudiantes del Cinvestav, UNAM, BUAP, UMSNH, UAS, UniSon, U. de Guanajuato y la UIA-CDMX han realizado estancias de investigación para participar en diversos experimentos del CERN; inclusive han participado en el desarrollo de técnicas avanzadas de aceleradores de partículas. Poco después, gracias a un proyecto de investigación del programa “Las iniciativas del Milenio”, financiado por el Banco Mundial, se pudieron establecer convenios entre instituciones mexicanas y el CERN.

Con este proyecto, iniciado en el año 2000, liderado por Gerardo Herrera Corral (CINVESTAV), y posteriormente secundado por más de una decena de proyectos individuales o de grupo, auspiciados por el CONACyT, se logró establecer colaboraciones oficiales de grupos mexicanos con los experimentos ALICE y CMS.

Estos apoyos abrieron la posibilidad de incorporarse a estas colaboraciones experimentales en las primeras etapas de su fundación, permitiendo proponer ideas sobre el diseño y construcción de sistemas de detección en ALICE y CMS; cabe destacar la propuesta de construir sistemas electrónicos y de control automatizado.

Así, los grupos mexicanos dieron un salto cualitativo, pues no solo participaron en el análisis de datos de los eventos de colisión de estos aceleradores, sino que pudieron enriquecer la cultura del CERN con sus temas de investigación, usando los detectores de partículas que esos grupos propusieron desde su inicio.

Recientemente, grupos mexicanos de nueve instituciones mexicanas participan en los experimentos ALICE, AMS, CMS y NA62; además, son activos en el programa CERN-BEAM, financiados por sus respectivas instituciones y el CONAHCyT a través del proyecto de Ciencia de Frontera “Contribución de México en la frontera del conocimiento en la física de altas energías en el CERN”. El responsable es el que esto escribe.

Las instituciones que se han sumado a este notable esfuerzo son: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), Universidad Iberoamericana (UIA), Guanajuato (UdeGto), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (ASLP), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Universidad de Sonora (Unison) y la Universidad Nacional Autónoma de México (con dos institutos, Instituto de Ciencias Nucleares e Instituto de Física).



● Durante uno de los eventos oficiales a propósito de la visita de la rectora de la BUAP, doctora María Lilia Cedillo, y su comitiva al CERN en abril de 2022



● Representantes de las nueve instituciones que participan en el Proyecto de Frontera CERN-México. De izquierda a derecha: Jurgen Engerfield (UASLP), José Benitez (Unison), Antonio Ortíz (ICN-UNAM), Humberto Maury (UdeGto), Ma. Elena Alvarez Buylla (Directora General del CONAHCYT), Arturo Menchaca (IF-UNAM), Arturo Fernández (BUAP), Ildelfonso León (UAS), Cristina Oropeza (UIA), Ricardo López (Cinvestav).



Semejante proyecto, que inició en 2019 y concluye a finales de 2024, ha permitido visibilizar la participación de los mexicanos en los cinco experimentos mencionados antes: ellas y ellos han participado en la construcción de los detectores ACORDE, ADD, FDD y V0 en el experimento ALICE, así como en el detector BRILL de CMS. Asimismo, han contribuido de manera significativa en los detectores AMS-RICH y NA62-RICH.

Gracias a estos apoyos la comunidad mexicana de altas energías participó en el descubrimiento del bosón de Higgs; también ha estudiado y medido propiedades del plasma de quarks y gluones; ha producido y estudiado en detalle anti-núcleos ligeros; ha buscado indicios de antimateria en el espacio extraterrestre y participado en mediciones de decaimientos raros del mesón neutro K.

Actualmente colaboran en este proyecto 137 estudiantes y profesores de estas nueve instituciones mexicanas, colaborando en la producción científica de estos experimentos y completando el trabajo de tesis de más de 25 estudiantes de posgrado.

Es satisfactorio mencionar que, a diferencia de lo que pasaba a mediados de la década de los 80's del siglo pasado, donde era extraordinario toparse con un mexicano por los pasillos de CERN, ahora se encuentra fácilmente a dos o tres jóvenes poblanos, sinaloenses, potosinos, jaliscienses, guanajuatenses, sonorenses, chilangos, trabajando arduamente en la mayor parte de los sitios de detección de los principales experimentos del CERN.

● De izquierda a derecha: Alfredo Castañeda Hernández (U. de Sonora, experimento CMS), Andrea Aguirre Polo (estudiante de la FCFM-BUAP, ganadora del CERN Summer Student Program), Raúl Mancilla Xinto (estudiante de Posgrado, BUAP, en estancia de trabajo en el experimento CMS), Osvaldo Miguel Colín (estudiante de doctorado Rice University, EUA), Solangel Rojas Torres (investigador de la Czech Technical University, Praga, República Checa), Dalia Lucero Ramírez Guadarrama (estudiante de doctorado, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, UIA, Ciudad de México), Gaspar R. Montoya Soto (estudiante de la U. de Guanajuato, estancia en CERN, grupo Accelerator Physics). José Feliciano Benites (U. de Sonora, experimento CMS), Isabel Pedraza Domínguez (BUAP), Iraq Rabadan Trejo (estudiante del Cinvestav, investigador posdoctoral de Texas A&M University), Luis R. Flores Castillo (The Chinese Hong Kong University en Hong Kong) y Arturo Fernández Téllez (BUAP, líder del grupo mexicano en CERN).



● David Régules Medel, Mario Rodríguez Cahuantzi y Arturo Fernández (todos de la BUAP) celebran el reconocimiento de la comunidad internacional a su fino trabajo en la detección de partículas subatómicas. El líder de México en CERN, Arturo Fernández, señala hacia el espectrómetro del experimento ALICE, incluyendo los detectores ACORDE y V0, construidos en México.



● Arturo Fernández y Mario Rodríguez flanquean a una leyenda de la aventura científica al interior del átomo, Peter Higgs, durante un evento en el CERN (Open Doors, 2008).



● Mario Rodríguez, David Régules, Irandheny Pozos y Arturo Fernández junto a la banda de Moebius; atrás puede verse el Globo de la Innovación, símbolo del espíritu que permea la Ciudad Escéptica.

Dicha colaboración no solo ha producido una generación de jóvenes investigadores especializados en la física de altas energías, sino que ha permitido que egresados de nuestras instituciones sean ahora destacados tecnólogos en áreas de la electrónica ultra-rápida, manejo de sistemas computacionales de alto desempeño, especialistas en técnicas computacionales de inteligencia artificial, instrumentación de sensores de alta radiación electromagnética, físicos capaces de diseñar y manejar aceleradores lineales para usos en la medicina nuclear y técnicas de ataque al cáncer.

Así, la comunidad mexicana de altas energías que colabora con el CERN festejará con el resto las primeras siete décadas de existencia del CERN, uno de los pocos sitios en el mundo donde se realizan investigaciones que trascienden las fronteras del saber y benefician a la humanidad. Sin duda, una gran hazaña con frutos excelsos en varias disciplinas científicas y tecnológicas.



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

● Arturo Fernández en el tunel del LHC (2008).

# LA VOLUNTAD, esa REGIÓN TRÉMULA, ENIGMÁTICA.

ELÍAS MANJARREZ

**I**niciemos este viaje con la definición de voluntad. Según la Real Academia Española, es la facultad de decidir y ordenar la propia conducta, es el libre albedrío o libre determinación, la elección de algo sin precepto o impulso externo que a ello obligue, o la simple gana o deseo de hacer algo.

Si la consideramos como el deseo de realizar una acción, esto no siempre implica la activación de neuronas motoras ni el movimiento muscular subsecuente. El deseo puede quedarse en el cerebro. Esto es lo que ocurre en pacientes parapléjicos, quienes han perdido la conexión entre el cerebro y la médula espinal. Estudios recientes demuestran que es posible usar la actividad eléctrica del cerebro de estos pacientes para mover un brazo robótico y, así, llevar a cabo el acto deseado, como tomar café<sup>1,2</sup>.

Es crucial no confundir la voluntad con el acto voluntario. El acto voluntario implica el movimiento de los músculos para alcanzar un objetivo, como sujetar

un objeto o cambiar nuestra expresión facial o conducta. Incluso al hablar, generamos movimientos en las cuerdas vocales y en el aire que nos rodea, lo que, a su vez, provoca el movimiento de la membrana timpánica de quien escucha.

También es importante deslindar lo que queremos decir con voluntad en neurociencias del concepto antropomórfico enunciado por Arthur Schopenhauer. Para él, la voluntad no era simplemente un atributo humano, sino una fuerza primordial e irracional que impulsa todo en la naturaleza.



Según el filósofo alemán del siglo XIX, esta fuerza actúa sin razón ni propósito consciente, y se manifiesta en fenómenos naturales como la gravedad y el magnetismo, así como en los instintos y motivaciones, tanto de los animales como de los seres humanos. La voluntad, en su visión, es la esencia subyacente que mueve el universo, más allá de la razón o la intención.

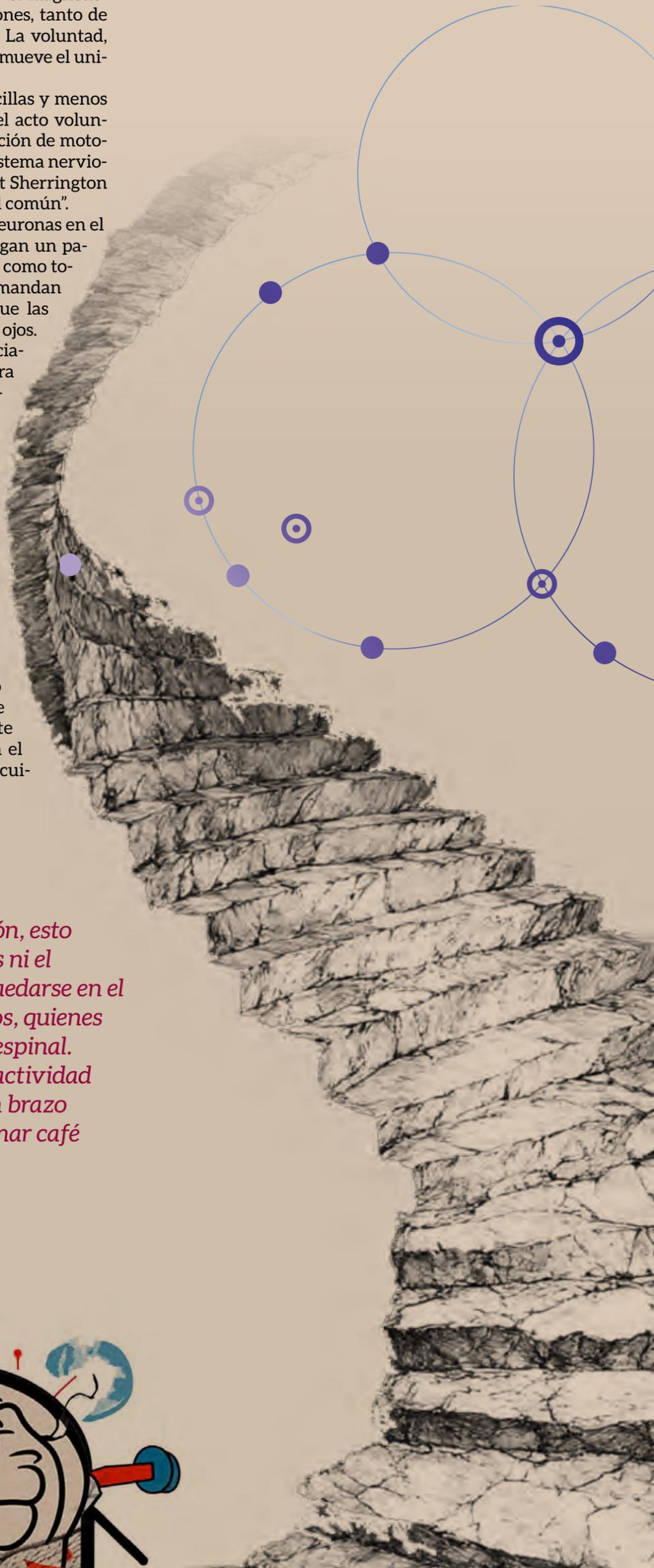
En este recorrido las cosas son más sencillas y menos inefables. Por experiencia, sabemos que el acto voluntario es un proceso que requiere la activación de motoneuronas, las únicas vías conectoras del sistema nervioso con los músculos. Por ello, Charles Scott Sherrington denominó a las motoneuronas la "vía final común".

Representan apenas el 0.0005% de las neuronas en el sistema nervioso central, no obstante juegan un papel crucial. Inclusive para algo tan simple, como tomar una taza de café, son ellas las que comandan los músculos. Leer este texto requiere que las motoneuronas activen los músculos de los ojos. Cuando hablamos, las motoneuronas asociadas controlan los músculos laríngeos para generar la voz. Hasta el acto de respirar depende de la activación de tales neuronas.

Si reflexionamos en retrospectiva sobre los orígenes de cualquier obra hecha por el ser humano, no debe sorprendernos el que, a final de cuentas, hayan sido las motoneuronas y los músculos los ejecutores finales de tales hazañas volitivas. Sin embargo, no debemos olvidar que actuaron bajo las órdenes de neuronas del cerebro y la médula espinal.

Pero, ¿dónde se localizan las neuronas que inician los actos voluntarios? ¿Existe una región específica en el cerebro? Esta es una pregunta abierta, que ha inspirado a filósofos y neurocientíficos a lo largo de la historia. Hasta donde sabemos, no existe un solo origen; los actos voluntarios son el resultado de la actividad de múltiples circuitos neuronales.

*Si la consideramos como el deseo de realizar una acción, esto no siempre implica la activación de neuronas motoras ni el movimiento muscular subsecuente. El deseo puede quedarse en el cerebro. Esto es lo que ocurre en pacientes parapléjicos, quienes han perdido la conexión entre el cerebro y la médula espinal. Estudios recientes demuestran que es posible usar la actividad eléctrica del cerebro de estos pacientes para mover un brazo robótico y, así, llevar a cabo el acto deseado, como tomar café*



Lo que sí está claro es que las motoneuronas se encuentran en áreas ventrales del sistema nervioso central, mientras que las neuronas sensitivas residen en áreas dorsales. Para entender esto, podemos imaginar el escenario donde se encontraban nuestros más primitivos ancestros, en los inicios de su proceso evolutivo.

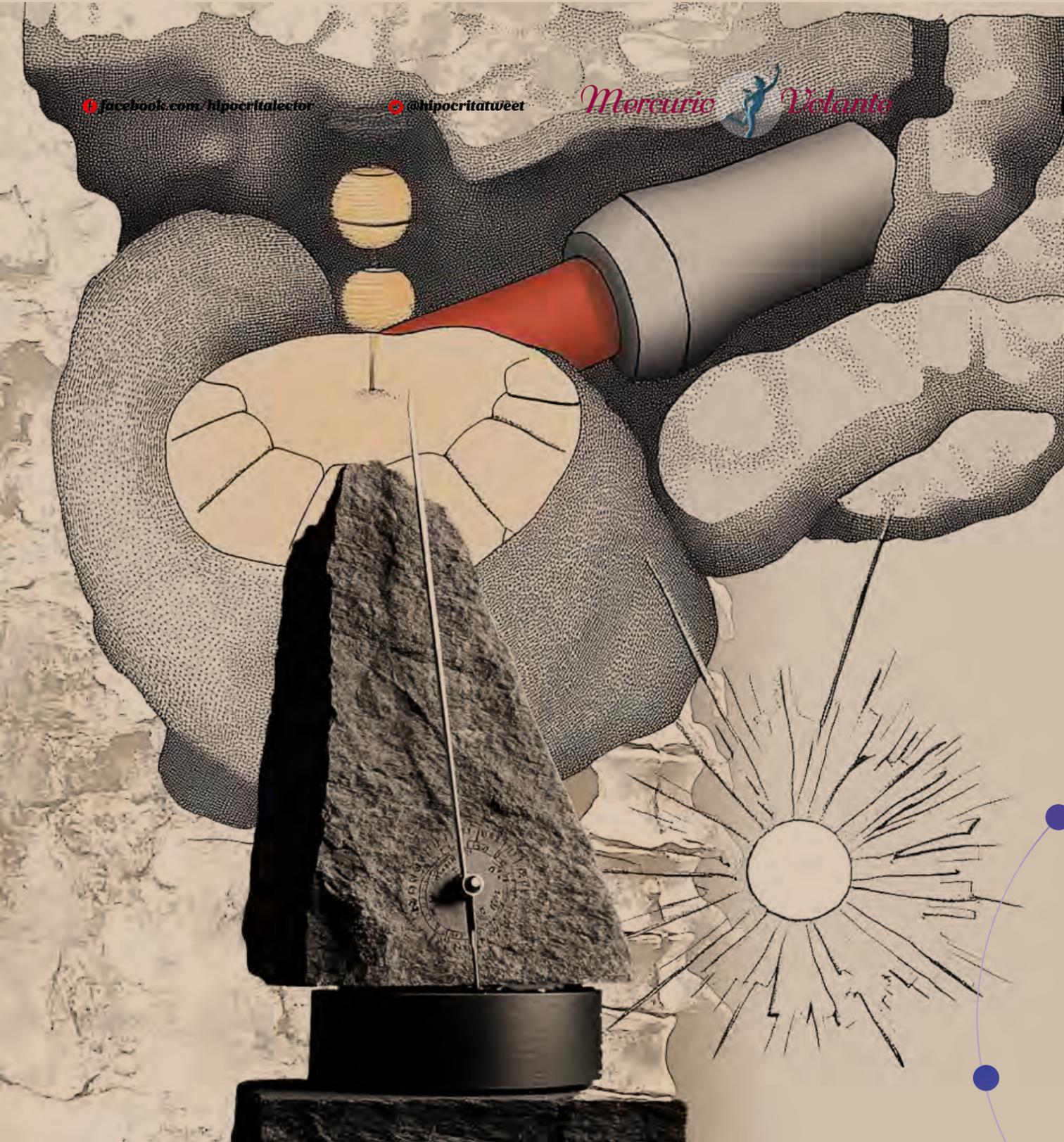
En los primeros vertebrados terrestres las motoneuronas se situaron en la región ventral, cerca del suelo, para conectar de forma eficiente con los músculos que se hallaban en contacto con la tierra. Su función primaria era vencer la gravedad; con el tiempo ayudaron a la locomoción a través de la activación combinada de músculos flexores y extensores. Por otro lado, las neuronas sensoriales evolucionaron en las zonas dorsales, lo que les permitió detectar a los depredadores. En los humanos actuales esta organización anatómica perdura tanto en la médula espinal como en el cerebro.

Ahora tracemos un plano horizontal imaginario que atraviesa el eje espinal y que se extiende hasta el cerebro. Podemos visualizar cómo las áreas sensoriales espinales ocupan la parte dorsal y las áreas motoras, la ventral.

Si vamos un poco más arriba, al cerebro, esta organización aparece en el surco central. Por arriba encontramos las áreas somatosensorial, auditiva y visual, mientras que por debajo están las áreas motoras, comenzando por la corteza motora, donde se ubican las motoneuronas superiores de forma piramidal.

Si nos vamos a la región más ventral del cerebro, cerca de la frente, podríamos ver que allí se localizan las neuronas implicadas en la toma de decisiones más complejas, aquellas que probablemente tienen una participación más relevante en la generación de actos voluntarios. Esto se infiere por estudios de imágenes de resonancia magnética funcional y por estudios en pacientes lesionados en dichas áreas.





Al reflexionar sobre esta organización neuronal, pienso que los circuitos de toma de decisiones de la región más frontal del cerebro, fundamentales en la voluntad, debieron evolucionar mediante ensayo y error hasta madurar en la capacidad de tomar decisiones correctas para la supervivencia.

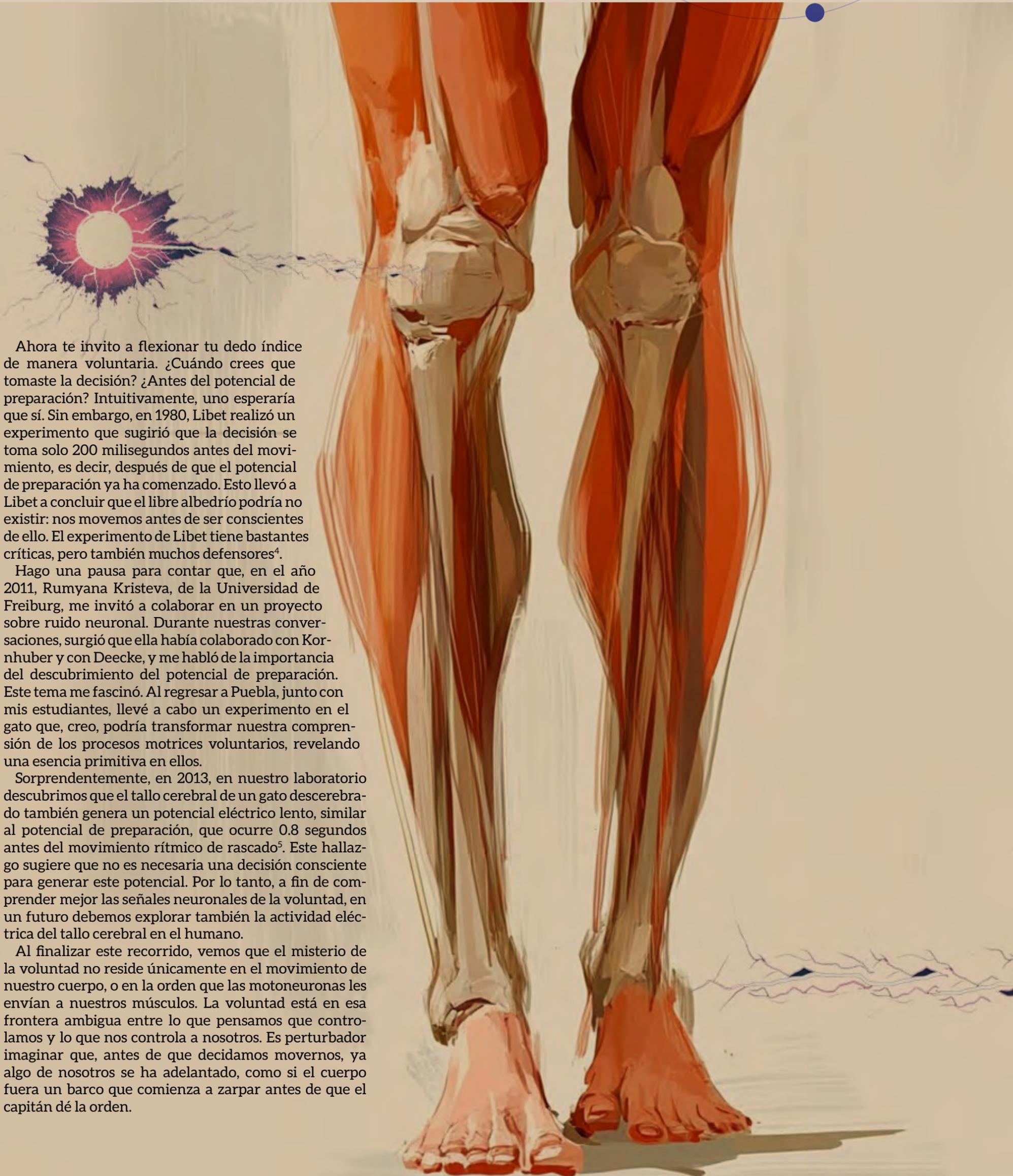
Sin embargo, no todos los movimientos voluntarios requieren de la supervisión constante del cerebro. Por ejemplo, al caminar, parte del control recae en los circuitos generadores de la marcha en la médula espinal. Así, la locomoción depende de una voluntad inicial, pero se mantiene a través de circuitos espinales automatizados.

En contraste, movimientos como alcanzar un objeto, por ejemplo, tomar una taza de café, requieren de retroalimentación visual y atención constante. Sabemos que antes de realizar este tipo de movimientos ya hay una activación poblacional de neuronas en la corteza motora<sup>1,2</sup>.

Hacia el año de 1965 sucedió algo significativo en la Universidad de Freiburg, Alemania, cuando Kornhuber y Deecke descubrieron que antes de mover un dedo la actividad electroencefalográfica muestra un cambio ascendente que comienza hasta un segundo antes del movimiento<sup>3</sup>. A esto lo llamaron potencial de preparación, (*Bereitschaftspotential*). Ello develó que las neuronas en el cerebro se activan de manera gradual, y no de forma repentina, antes del movimiento. ¿Lo cual es bastante lógico, no crees?

*Si nos vamos a la región más ventral del cerebro, cerca de la frente, podríamos ver que allí se localizan las neuronas implicadas en la toma de decisiones más complejas, aquellas que probablemente tienen una participación más relevante en la generación de actos voluntarios. Esto se infiere por estudios de imágenes de resonancia magnética funcional y por estudios en pacientes lesionados en dichas áreas.*

*Al finalizar este recorrido, vemos que el misterio de la voluntad no reside únicamente en el movimiento de nuestro cuerpo, o en la orden que las motoneuronas les envían a nuestros músculos. La voluntad está en esa frontera ambigua entre lo que pensamos que controlamos y lo que nos controla a nosotros.*



Ahora te invito a flexionar tu dedo índice de manera voluntaria. ¿Cuándo crees que tomaste la decisión? ¿Antes del potencial de preparación? Intuitivamente, uno esperaría que sí. Sin embargo, en 1980, Libet realizó un experimento que sugirió que la decisión se toma solo 200 milisegundos antes del movimiento, es decir, después de que el potencial de preparación ya ha comenzado. Esto llevó a Libet a concluir que el libre albedrío podría no existir: nos movemos antes de ser conscientes de ello. El experimento de Libet tiene bastantes críticas, pero también muchos defensores<sup>4</sup>.

Hago una pausa para contar que, en el año 2011, Rumyana Kristeva, de la Universidad de Freiburg, me invitó a colaborar en un proyecto sobre ruido neuronal. Durante nuestras conversaciones, surgió que ella había colaborado con Kornhuber y con Deecke, y me habló de la importancia del descubrimiento del potencial de preparación. Este tema me fascinó. Al regresar a Puebla, junto con mis estudiantes, llevé a cabo un experimento en el gato que, creo, podría transformar nuestra comprensión de los procesos motrices voluntarios, revelando una esencia primitiva en ellos.

Sorprendentemente, en 2013, en nuestro laboratorio descubrimos que el tallo cerebral de un gato descerebrado también genera un potencial eléctrico lento, similar al potencial de preparación, que ocurre 0.8 segundos antes del movimiento rítmico de rascado<sup>5</sup>. Este hallazgo sugiere que no es necesaria una decisión consciente para generar este potencial. Por lo tanto, a fin de comprender mejor las señales neuronales de la voluntad, en un futuro debemos explorar también la actividad eléctrica del tallo cerebral en el humano.

Al finalizar este recorrido, vemos que el misterio de la voluntad no reside únicamente en el movimiento de nuestro cuerpo, o en la orden que las motoneuronas les envían a nuestros músculos. La voluntad está en esa frontera ambigua entre lo que pensamos que controlamos y lo que nos controla a nosotros. Es perturbador imaginar que, antes de que decidamos movernos, ya algo de nosotros se ha adelantado, como si el cuerpo fuera un barco que comienza a zarpar antes de que el capitán dé la orden.



Quizás, como lo postuló Schopenhauer en su libro de *El mundo como voluntad y como representación*, la voluntad es la esencia subyacente que mueve el universo, más allá de la razón o la intención. O tal vez la voluntad sea como un escritor que ha comenzado a escribir la historia antes de que la tinta toque el papel. Futuras investigaciones en este fascinante campo de las neurociencias nos darán respuestas.



#### REFERENCIAS

1. Hochberg LR, Bacher D, Jarosiewicz B, Masse NY, Simeral JD, Vogel J, Haddadin S, Liu J, Cash SS, van der Smagt P, Donoghue JP. "Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm". *Nature*. 2012 May 16;485(7398):372-5. doi: 10.1038/nature11076.
2. Kingwell K. Neural repair and rehabilitation: "Neurally controlled robotic arm enables tetraplegic patient to drink coffee of her own volition". *Nat Rev Neurol*. 2012 Jun 12;8(7):353. doi: 10.1038/nrneurol.2012.101.
3. Kornhuber, H. H., & Deecke, L. (1965). "Hirnpotentialänderungen bei willkürbewegungen und passiven bewegungen des menschen: bereitschaftspotential und reafferente potentiale". *Pflügers Archiv für Gesamte Physiologie*, 284, 1-17.
4. Dominik T, Mele A, Schurger A, Maoz U. "Libet's legacy: A primer to the neuroscience of volition". *Neurosci Biobehav Rev*. 2024 Feb;157:105503. doi:10.1016/j.neubiorev.2023.105503.
5. Tapia JA, Trejo A, Linares P, Alva JM, Kristeva R, Manjarrez E. "Reticular activating system of a central pattern generator: premovement electrical potentials". *Physiol Rep*. 2013 Oct;1(5):e00129. doi: 10.1002/phy2.129.

**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.





# ACTUALIDADES DEL MERCURIO



## Tendencias y tendencias

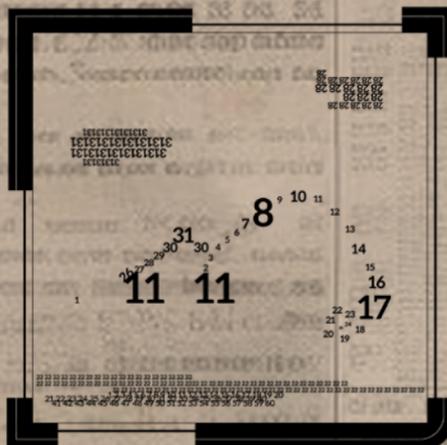
La grandilocuencia humana no tiene límite, sobre todo cuando se asegura que algo, generalmente banal, es "tendencia". Pero en el ámbito de lo factual, por fortuna, aún hay tendencias reales. Ejemplo de ello es el descubrimiento por parte de un grupo de entomólogos de la Universidad de Würzburg de que al menos una especie de hormigas (*Camponotus floridanus*), habitantes de la Florida norteamericana, saben curar heridas y, en caso necesario, amputan miembros de sus cuerpos a compañeras lesionadas a fin de salvarles la vida. Esta familia de insectos se les conoce como carpinteras debido a que prefieren establecerse en troncos o cualquier trozo de madera disponible y se esparcen por el sureste de Norteamérica. Este descubrimiento se realizó en un ambiente controlado, esto es, en un laboratorio. ¿Se estaban luciendo las susodichas? Nada más lejos, en realidad es el resultado de miles de años de evolución natural, tiempo suficiente para conocerse a sí mismas y aprender lo que le conviene a la colonia a fin de asegurar su supervivencia.

Fuente: Current Biology.

## Guarismos rebeldes

¿A quién no le ha tentado alguna vez jugar con los números y, más aún, otorgarles significados especiales, incluso poder sobre nuestro destino? Y, no obstante, ellos están entre nosotros. Hay gente obsesionada por descubrir los números aleatorios escondidos a nuestro alrededor, los cuales, por cierto, pueden influir en nuestras vidas más de lo que imaginamos. Así, hay quienes han probado las hileras de gotas de agua que se forman en los vidrios de una ventana; ahí es posible encontrar números aleatorios. Podríamos suponer que una computadora poderosa debería arrojar estos escurridizos números que, entre otras cosas, podría adivinar el futuro. Pero, desafortunadamente, los algoritmos digitales están hechos para ofrecer resultados predecibles, no lo impredecible. Quienes se dedican a encriptar dinero o administran casas locales de lotería, sin duda las empresas que tienen a su cargo la seguridad informática de redes cruciales para la sociedad, sueñan con descubrir una fuente de azar numérico, pues de esa manera sería poco menos que imposible abrir la cáscara.

Fuente: BBC on line.



## La Luna en marcha

Hace 4 500 millones de años nuestro satélite natural se encontraba más cerca de la Tierra, por lo que se calcula que los días duraban menos de 13 horas. Hoy son más largos a medida que la Luna se aleja, mes con mes, año con año. Es un proceso llamado recesión lunar. La clave está en la relación estrecha entre el satélite y los océanos del planeta. Si queremos saber más sobre este peculiar cuerpo no debemos dejar de leer un libro rico en ideas e información útil, que mueve a reflexionar y el cual toda persona interesada en la astronomía debería leer. Así, en un libro imperdible de José Franco, quien es astrofísico de la UNAM, descubrimos que el tiempo que le toma a la Luna dar una vuelta completa alrededor de la Tierra no es absoluto, depende del marco de referencia. Existe un periodo sidéreo, donde el sistema de referencia es el conjunto de estrellas en la esfera sideral. Dada la distancia que nos separa, lucen inmóviles en el firmamento, y por eso los astrónomos las han usado para saber que el ciclo lunar es de 27.32 días. Pero si tomamos al Sol como punto de referencia, entonces el tiempo que le toma a la Luna dar una vuelta y regresar a alinearse de nuevo con la estrella dura 29.53 días.

Fuente: José Franco, *Alunizaje. Con variaciones estéticas de Lucía Hinojosa*, Turner, México, 2019.





## Linduras de la IA

Un programa de inteligencia artificial ha permitido revelar que el “alfabeto fonético” de los cachalotes es muy similar al de los humanos. El estudio llevado a cabo a lo largo de dos décadas por la Iniciativa para la Traducción del Lenguaje de los Cetáceos (CETI, por sus siglas en inglés) demostró que su estructura lingüística es tan compleja y variada como la nuestra, es decir, la de los mamíferos, cuyas variantes son consideradas (hasta ahora) piezas maestras de la comunicación, llámese felinos, caninos, marsupiales, elefantes... Se estudiaron los diálogos de 400 cachalotes, tanto en niveles superficiales del mar como en profundidades de un kilómetro, desde el punto de vista social como fonético, y se encontró que utilizan de manera cotidiana códigos de una variedad inusitada en cuanto a expresividad, entonación, intención, alerta. Como se ha dicho, fueron procesados por algoritmos de IA, realizando lo que mejor saben hacer ahora: ahorrarnos mucho tiempo para conseguir un propósito.

Fuente: BBC on line.

## La batalla contra la malaria

Quienes hemos sufrido por el parásito *Plasmodium falciparum* que inocula en el torrente sanguíneo el mosquito portador, siempre un *Anopheles*, y hemos sobrevivido, miramos con enorme preocupación el embate de millones de insectos portadores, sobre todo en el continente africano. Dado que no existe una vacuna, se han utilizado moléculas diversas a lo largo de los años, desde la quinina hasta la artemisinina, esta última una síntesis de un remedio natural proveniente de China que se usa tradicionalmente para aliviar las fiebres del paludismo; las noticias eran halagüeñas, pues estaba acabando con el parásito. Sin embargo, informes confiables aseguran que en los últimos tres años se ha disparado el caso de personas infectadas en quienes el tratamiento empieza a decaer o es inocuo, en particular en regiones del este de África.

Fuente: BBC on line.



## ¿Genes inútiles?

No es la primera vez que los biólogos genetistas se preguntan si las decenas de millones de instrucciones aparentemente inservibles en el ADN humano lo son en realidad. Y es que al descubrirse que apenas el 2% del alfabeto que comanda la cadena de la vida en *Homo sapiens* tiene significado para la producción de proteínas, por ejemplo, se impuso una especie de desdén. Sin embargo, hoy, gracias a nuevas técnicas de introspección, motivadas por la necesidad de curiosear esa zona “salvaje”, inédita del genoma humano, se han encontrado inesperadas respuestas que están ayudando a entender ciertas enfermedades. Como nos dijo alguna vez Marcelino Cereijido, destacado investigador del Cinvestav, “si se conservaron durante tantos millones de años, no puede haber sido un descuido de la naturaleza; algún propósito debieron tener, un papel que desempeñar, en la evolución de la vida”.



# Septuagésimo aniversario del CERN



# EL CERN EN EL CINE

GERARDO HERRERA CORRAL

El 29 de septiembre de 2024 el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) habrá celebrado 70 años de existencia. Para festejarlo hacemos aquí un recuento incompleto de la influencia que sus actividades científicas han tenido en la cultura cinematográfica.

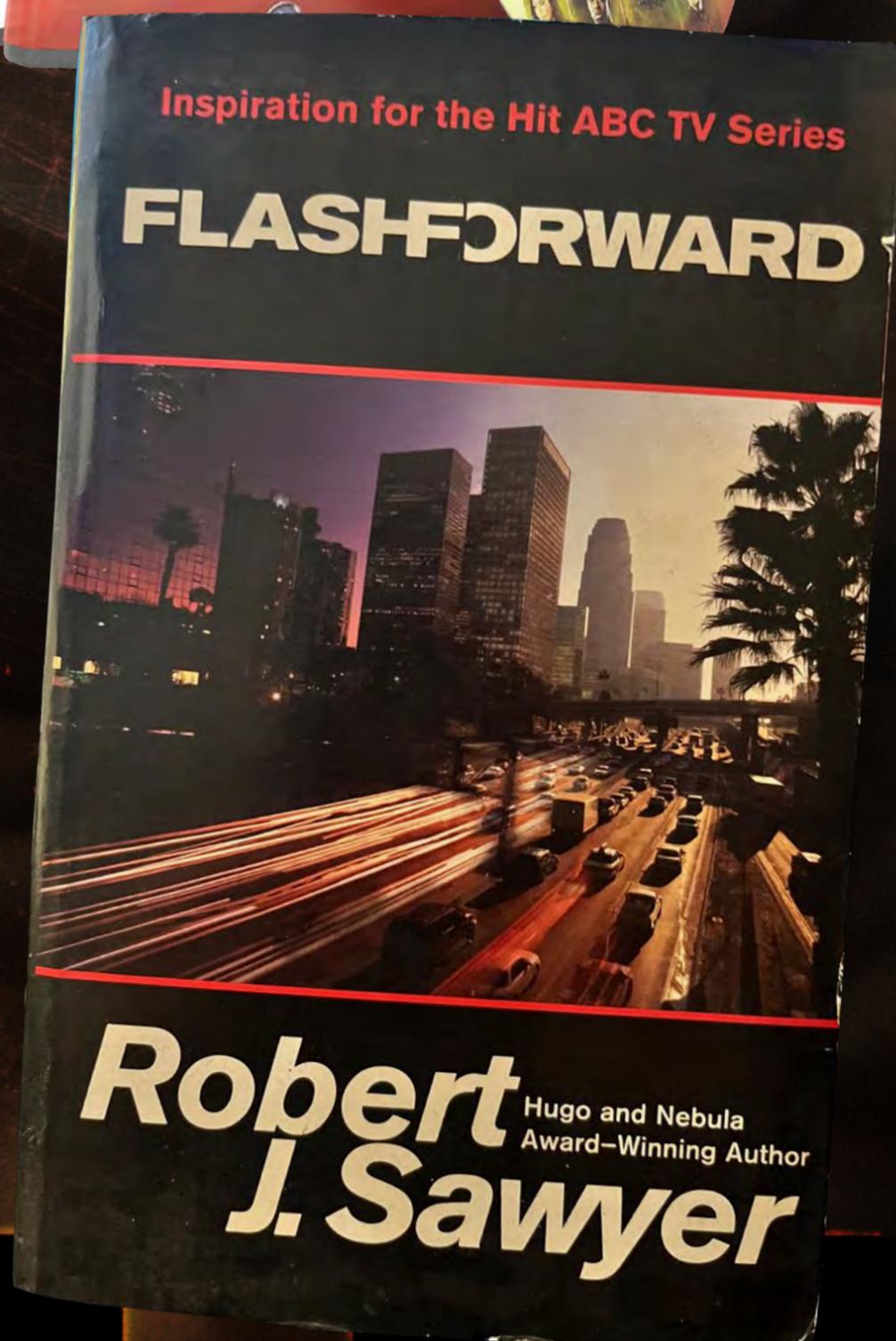
Una de las películas de ciencia ficción de más amplia difusión en los últimos años es, sin duda, *Ángeles y Demonios*. Está basada en la novela con el mismo nombre del escritor Dan Brown; en ella la antigua orden de "los iluminados" aparece como sobreviviente del siglo dieciocho.

Aunque algunos piensan que los *Illuminati* desaparecieron después de una dura persecución en Alemania, Dan Brown considera que esto no ocurrió. Se dice que, tras una serie de registros domiciliarios, confiscación de bienes y expulsión de miembros, la secta fue desarticulada. Sin embargo, muchos aseguran que sus causas viven entre nosotros a pesar del castigo y el destierro al que han sido sometidos.

El celebrado autor de títulos con gran éxito comercial retoma las aspiraciones de esa misteriosa sociedad que se opone a la influencia religiosa y el abuso del estado. Su novela se desarrolla en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares - CERN para mostrar que las viejas ideas acechan en la oscuridad de sus sótanos y conspiran en secrecía contra el catolicismo.

Son los miembros de este clan los que roban del laboratorio subterráneo una botella magnética que almacena antimateria. En la película, como en la realidad, la antimateria que se produce se mantiene suspendida en el interior de un recipiente activo, alimentado con una batería eléctrica. El lento consumo de la batería será la amenaza durante las más de dos horas que dura la película porque cuando la energía llegue a su fin, la antimateria en su interior se precipitará contra las paredes del repositorio produciendo una explosión capaz de destruir al Vaticano entero.

La película se proyectó por primera vez en el CERN con la presencia de Tom Hanks y Ayelet Zurer en febrero de 2009 para después recabar casi quinientos millones de dólares alrededor del mundo.



Se dice que, durante la visita del director y los actores a CERN, Tom Hanks sugirió la posibilidad de activar el botón que pondría en funcionamiento al Gran Colisionador de Hadrones, oferta que no fue considerada seriamente pero que queda en el anecdotario como un ejemplo de la desmesura que Hollywood concede no solo a sus películas sino también a sus actores que convertidos en celebridades por la vía de la pantalla grande y ya empoderados por el curioso artificio de la popularidad, pierden el nivel del piso y el verdadero significado de las cosas.

La bomba de antimateria explotó en el cielo y el Vaticano se salvó de la amenaza secular gracias a la audaz intervención del profesor Robert Langdon, correctamente representado, esta vez sí, por Tom Hanks.

*The Big Bang Theory* no es una película sino una serie de televisión, pero es sin duda una de las más conocidas. Los personajes principales, Sheldon y Leonard, son invitados a visitar el Gran Colisionador de Hadrones en el CERN y el drama de la visita pone en el centro de varios programas las investigaciones del acelerador más grande del mundo.

La novela del escritor chino Liu Cixin tiene un tono profético. Es el relato escrito que sirve de base a la serie de la plataforma digital, Netflix, dirigida por David Benioff bajo el título de *El problema de los tres cuerpos*. La historia nos cuenta cómo es que nuestro planeta será invadido por extraterrestres que ya están en camino. Los invasores llegarán en cuatrocientos años, pero se anticipan con precaución enviando "sophones", esto es, dispositivos cuánticos avanzados con objeto de espiar y manipular a los humanos.

Estos alienígenas consideran que, al llegar, los terrícolas podrían ser un verdadero contendiente pues su progreso científico avanza a ritmo vertiginoso. Es por eso por lo que han enviado este instrumento que actúa con paquetes de información que se expanden en una quinta dimensión y que ellos controlan desde lejos gracias a que dominan el entrelazamiento cuántico y la teleportación.



Los sophones son capaces de inducir el desaliento entre la comunidad de científicos del CERN que ya capturados por las instrucciones alienígenas son incapaces de analizar sus datos y avanzar en la generación de conocimiento con los datos del Gran Colisionador de Hadrones. Los más brillantes investigadores entran en depresión y terminan suicidándose. De esa manera los extraterrestres se aseguran de que el avance científico sea lento para que la humanidad no represente un problema cuando por fin alcancen nuestro planeta.

Curiosamente, hoy podemos decir que después de los aciagos años de pandemia la comunidad de científicos que trabajan en el Gran Colisionador de Hadrones ha entrado en desánimo ante la ausencia de nuevos y espectaculares descubrimientos. Algunos piensan que no hay más nada nuevo que rebase en importancia al gran descubrimiento del bosón de Higgs en 2012.

El restaurante del laboratorio no se llena como en los años en que el proyecto Gran Colisionador de Hadrones se preparaba para comenzar operaciones. Ya no se escuchan las discusiones apasionadas, no se ve a la gente entrar y salir apresuradamente ni se siente la agitación y la alegría atada al estrés.

Ahora las mesas siempre ofrecen lugares vacíos a la hora de la comida y están solas durante el día. Los fines de semana son silenciosos, poca gente acude y no se advierte el suspenso en el aire.

La primera etapa del Gran Colisionador de Hadrones está llegando a su fin con la gloria que le deja un premio Nobel. No han aparecido señales de supersimetría, no hay aún evidencia de dimensiones extras ni se observan fenómenos inesperados y extraños.

Ahora la calma parece haber regresado mientras se prepara la construcción del nuevo acelerador: HL-LHC del inglés, High Luminosity Large Hadron Collider. Esta nueva máquina permitirá registrar tantos eventos que en pocos años se podrían revelar ahí las marcas de una nueva física. De manera que será en 2029 cuando la comunidad nuevamente entre en la ansiosa carrera de los descubrimientos. El HL-LHC registrará en poco tiempo diez veces más datos que los que previstos en el diseño original de la máquina.

● La capilla de Rosslyn es escenario de la novela de Dan Brown y aparece también en la película. Se localiza en el pueblo escocés del mismo nombre (Fotos: CCh).



Mientras eso ocurre esperamos la segunda temporada de la serie *El problema de los tres cuerpos*. ¿Cómo es que los seres humanos enfrentarán el desaliento y la depresión? Quizá la manera de proceder tendrá que ver con descubrir la amenazante causa, quizá eso permitirá emprender nuevos proyectos para enfrentarla.

*Flash Forward* es una novela de ciencia ficción escrita por Robert J. Sawyer, publicada en 1999, y que se desarrolla en 2009. Se convirtió en una exitosa serie de televisión ese mismo año. El relato nos cuenta como la entrada en funcionamiento del acelerador más grande del mundo produce un desmayo generalizado de dos minutos en todo el planeta. Durante este tiempo las personas visualizan su vida veintiún años al futuro.

El apagón o desplazamiento de la conciencia es aparentemente provocado por el experimento ALICE que, entre otros, se realiza en el Gran Colisionador de Hadrones, cuando las primeras colisiones ocurren en la profundidad del subsuelo.

Además de muchas muertes y catástrofes que el desvanecimiento provoca, las escenas que se revelan a cada uno de los personajes generan un drama de vida y muerte en que el director del CERN y físicos involucrados en el experimento toman parte. El mundo entero participa con sus visiones del futuro para reconstruir como será todo en 2030. Algunos que solo vieron oscuridad durante el lapso, querrán evitar la muerte.

La discusión filosófica de si el futuro es inamovible o si lo visto por todos es solo una de muchas posibilidades, se desarrolla a lo largo del relato para llevar finalmente a la decisión generalizada de que CERN repita el experimento en condiciones controladas. Después de todo ¿quién no quisiera saber que será de su vida veintiún años en el futuro?

Todos concuerdan que una segunda visualización permitirá entender mucho mejor lo ocurrido. Sin embargo, esto no pasa; el fenómeno no se repite y más tarde se descubrirá que en realidad fue la coincidencia fortuita del inicio de actividades del acelerador más grande del mundo –con la recreación de los primeros instantes del Universo– y la llegada de neutrinos que se producen en una explosión solar.

Cuando los veintiún años han pasado desde el histórico salto al futuro, el Gran Colisionador de Hadrones es puesto en marcha para coincidir nuevamente con un haz de neutrinos. El evento ejerce nuevamente un flashforward sobre la humanidad.

*La primera etapa del Gran Colisionador de Hadrones está llegando a su fin con la gloria que le deja un premio Nobel. No han aparecido señales de supersimetría, no hay aún evidencia de dimensiones extras ni se observan fenómenos inesperados y extraños.*



**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).

# PSICOACÚSTICA

## Mensaje del maestro Roncador

**E**xiste un principio universal en todo organismo vivo, y es que pueda comunicarse con los demás, al menos por el instinto evolutivo.

La comunicación, entonces, adopta muchos medios entre los que el ser humano utiliza esencialmente su voz, los sonidos aéreos y corpóreos que genera con su cuerpo, al tocar un instrumento musical o con otros objetos.

Así, un puñetazo en la mesa de comer es percibido por los demás comensales mucho más fuerte porque incorpora sonido y vibración o impacto, transmitidos tanto por vía aérea como por la sólida, dado que dichas personas tienen los brazos apoyados en la plancha de la mesa.

Me dice el músico de jazz, Ray Gallon, que en la radio aún se usa palmear el pecho con las propias manos para emular el sonido que hacen las alas de un pájaro cuando se pone a volar. Y, si os fijáis, el personaje del grito de Edvard Munch sabe que no puede chillar más, y entonces patalea sobre la pasarela de madera.

Sin embargo, el “derecho al pataleo” quiere decir que no hace falta que la gente grite y pierda la voz para manifestar su indignación: con los pies es suficiente. Además, en un aula pocas veces se sabe o se reconoce quién genera este sonido, porque es grave. Proviene de un sector, pero la cara de la gente que lo provoca no lo aparenta.

A mí me conocen como MR, siglas que recogen mi apodo de “Maestro Roncador”, debido a mi condición profesional y a mi capacidad por roncar desesperadamente a un nivel superior a los 110 decibelios, cifra cercana al umbral de dolor del oído humano.

Mi misión es la de despertar el interés por la acústica a través de la escucha activa y el conocimiento de la adjetivación sonora de los caracteres de los espacios y objetos que realizamos en todos los campos del diseño.

*Me dice el músico de jazz, Ray Gallon, que en la radio aún se usa palmear el pecho con las propias manos para emular el sonido que hacen las alas de un pájaro cuando se pone a volar. Y, si os fijáis, el personaje del grito de Edvard Munch sabe que no puede chillar más, y entonces patalea sobre la pasarela de madera.*



## Un día de tantos una carta

Lo he decidido, esta vez me presento como mi propio relator.

La editorial lo ha aceptado. Cree que es justo que pueda cobrar un sobresueldo, debido a mi situación económica tan precaria, porque todo me lo gasté comprando una colección de motos Harley Davidson, que pongo en marcha cada noche para amortiguar el placentero sonido de mis ronquidos.

Ahora el vecindario ya no se queja. Hay una ley que protege el maravilloso sonido del motor de dos tiempos de las Harley, y no pueden avisar a la policía, porque cuando comprueban el origen de la queja, les ponen una multa a ellos.

Sencillamente ya no se quejan porque se han buscado, todos, otras residencias.

Hace tiempo que quiero escribir en primera persona del singular. Así podréis saber por mí mismo sobre mis pensamientos más directos, no contados ni tergiversados por terceros.

Otros se han ocupado de realizar y organizar los relatos de mi vida con anterioridad, y no lo han hecho mal del todo, pero creo que ya debo intervenir en este tercer, y espero no último, libro de recopilación, porque lo que yo disfruto cambiando la forma de impartir los conceptos acústicos, solamente lo sé yo, pero me gustaría mucho compartirlo con vosotros.

Maestro Roncador

## Ornamento o delito

Cierro el libro en la página 50.

“¡No debí leerlo! Ahora tengo la sensación de que todos los proyectos en los que he intervenido para lograr la necesaria absorción acústica del espacio, se han convertido en un delito”.

En mis manos se encuentra el texto de Adolf Loos.\*

Hoy me he despertado con un alto nivel filosófico, y esto significa que tomo conciencia de un hecho: la forma arquitectónica debe responder a la función. Que la textura es solo necesaria si con la forma no se alcanzan los objetivos acústicos deseados.

—Perdona, ¿puedo sentarme aquí?

La pregunta me devuelve a la realidad. La ha realizado una alumna del primer curso de “Acústica Activa” que imparto en el CACTAS (Centro de Altos Conocimientos Técnico-Artísticos en Sonido).

No me lo pienso dos veces.

—No, está reservado —Digo sin mirar.

Pero enseguida volteó a ver a la persona que me ha hecho la pregunta, y que no se ha movido ante la ruda respuesta, y rectifico.

—Perdona, sí, puedes sentarte a mi lado.

\* Adolf Loos, arquitecto austriaco de fines del siglo XIX y principios del XX, quien criticó el ornamento y sus consecuencias estéticas en el comportamiento de la sociedad.



Es Sora, que me mira con ojos afectivos. Estoy encantado, porque Sora debe sentarse en medio, al lado del profesor de Acústica de Salas llamado Al.

Sora se sienta, ruborizándose al verse sometida al escrutinio de este joven profesor.

—Os voy a presentar —digo dirigiéndome a ambos—. Al, te presento a Sora, que es una alumna muy especial de este último curso mío en este centro. Sora, te presento a Al, que, aunque joven, es uno de mis mejores colaboradores y un profesor con gran porvenir.

Al la mira directamente a los ojos, y Sora no baja la mirada, sabiendo que debe mantener el nivel visual con él.

Y surte efecto, porque Al queda prendado de esa actitud desafiante.

—Hola —dice ella—, te he visto por el Centro.

—Si, imparto Acústica de Salas, pero no te he visto hasta ahora.

—Es que acabo de volver de mi *stage* de intercambio.

Al se queda cortado. No sabe qué otra pregunta hacerle, y decide hablar de temas del Centro.

—Ahora que recuerdo, y ya que te has incorporada hace poco, igual no sabes que existe un concurso para presentar ideas para el acondicionamiento de la Sala de Actos de este Centro, exclusivo para que lo presenten los alumnos del mismo.

Sora no sabe nada al respecto, así que la sugerencia de Al le parece muy oportuna.

—¿Me lo dices para que participe, o ... para que te pregunte al respecto?

Al se funde en su asiento del banco situado en el centro del parque, también junto al lago.

A mí, esta situación me recuerda mi inicio con la Directora del Centro. En contra de toda lógica, permanezco totalmente callado, aparentando pensar en mis cosas.

—Pues ... verás, yo ... creo que ...

—Perdonad —intervengo finalmente—, quizás os pueda ayudar si os digo que el concurso está preparado para que participe un equipo formado por un mínimo de un alumno y supervisado por un profesor.

Sora pone los ojos en blanco disimulando su emoción.

—¿Y tú puedes formar equipo conmigo? —Le dispara a bocajarro a Al sin esperar una respuesta positiva, pero deseándola de todo corazón.

—Esto ..., sí, por supuesto. Me encantaría hacerlo contigo —deja pasar unos segundos que aprovecha para relajarse respirando lentamente—, aunque ya supondrás que nos va a llevar tiempo de reuniones para su estudio.

—Dice, ocultando su emoción.

Al cabo de unos días hacen la inspección ocular con otros grupos participantes.



—¡Uau! Esto es fantástico —exclama ella—, he recogido los datos geométricos y acústicos de la Sala, y debo decir que no va a ser tan fácil resolver su tiempo de reverberación de tres segundos en vacío.

—En efecto —sigue él—, el interiorista que intervino en su momento, prestó más atención a lo que aparentaba el ornamento de la Sala que no a la acústica resultante, y aunque en sala llena la reverberación es casi tolerable, especialmente para la música, en sala vacía nadie puede ensayar, ni siquiera la coral del Centro.

—Para el ensayo de un coro, tengo entendido que se precisa de un lugar donde el director pueda detectar los fallos de cada uno de los componentes de las distintas cuerdas. Creo que, para eso, el recinto debería ser muy absorbente, muy seco —dijo Sora entonando la palabra seco con gran inflexión.

—Así es —continúa el profesor siempre maravillado por los variados matices que ella utilizaba—, es muy importante que el director pueda detectar perfectamente que alguien no afina a la perfección, o hace el pez porque no

se ha aprendido la partitura, y para esto va muy bien que el lugar, con su reverberación, no disimule estos fallos.

Les llaman la atención y han de callar para escuchar las explicaciones del presidente del Patronato del Centro.

Después de esto salen a intercambiar opiniones al banco del campus, donde se conocieron.

—Centrémonos en la Sala, lo vital es que obtengamos una reverberación similar, y cercana a un segundo, tanto en sala vacía como llena.

—Eso va a ser muy complicado —exclama ella. Se toma unos segundos y prosigue: —¿Qué tal si hacemos unos paneles escamoteables en paredes y/o techo? Podrían representar unas figuras que se van vistiendo a medida que se va vaciando la sala.

Al está maravillado con las ideas que ella expone. Ya se imagina una mecanización con unas cortinillas desplegadas, o unos cilindros escamoteables. Pero esas ideas son caras y requieren de un soporte tecnológico complejo, aparte de su mantenimiento, que de seguro no debe ser sencillo.

*Al está maravillado con las ideas que ella expone. Ya se imagina una mecanización con unas cortinillas desplegadas, o unos cilindros escamoteables. Pero esas ideas son caras y requieren de un soporte tecnológico complejo, aparte de su mantenimiento, que de seguro no debe ser sencillo.*

—Opino que hemos de basarnos en los asientos. Que tengan la misma absorción en vacío que ocupados. — dice finalmente Al.

Sora ahora está admirada. Sí, esa es la sencillez necesaria. Sin ornamentos, solamente se precisa estudiar muy bien la función absorbente y difusora de los asientos a diseñar.

—¿Crees que los encontraremos en el mercado, o hemos de diseñarlos nosotros? —, preguntó Sora.

—No supongo que existan todavía los que necesitamos. Precisamente eso es lo que hemos de investigar, y es lo que seguramente nos diferenciará de los restantes equipos concursantes, ya que me imagino que casi todos irán al ornamento de paredes y techos, olvidando la gran superficie que siempre tienen los asientos en la planta.

La idea va desarrollándose en los meses siguientes, en los que aprovechan para ir conociéndose mejor.

Un día, me encuentro con los dos en el jardín del campus. Ambos están tendidos sobre una manta situada cerca del lago.

Me acerco, y antes de llegar oigo esta frase:

—¿Es que ya no me quieres?

Es la voz de Sora

Ahora no sé si acercarme más o desaparecer.

Queda claro cómo han acabado con el proyecto. Me acerco a ellos.

—Perdonad, pasaba por aquí y me ha parecido que estabais hablando de mí. Me preguntaba cómo tenéis vuestro trabajo.

—¿Qué? —dice ella mirando a Al.

—¿Qué? —pregunta él, sorprendido, mirando a Roncador.

Siguen unos segundos de silencio, rotos por algunas miradas entre ambos.

Yo no espero respuesta y me alejo.

La interrupción del maestro les hace volver a pensar en el concurso, cuyo trabajo deben entregar al día siguiente.



El día de la inauguración, justo antes de abrir la sala al público, el Profesor del Laboratorio expuso en el tablón de anuncios del Centro los resultados de las mediciones acústicas de la sala. Al parecer eran inmejorables, tanto en sala vacía como llena. Las pruebas se realizaron con voluntarios venidos de otros lugares, cuya participación también se realizó con la mayor discreción. Reverberaba exactamente igual en toda la audiencia, y duraba no más de un segundo.

—Claro que te quiero, y ya casi tenemos la presentación acabada, o sea que vamos a terminarla.

Escucho perfectamente esta frase mientras me alejo de ellos.

Sonrío para mí.

El fallo del jurado fue unánime. Sora y Al ganaron el concurso; fueron loados por la sencillez de la solución que habían presentado. Inmediatamente, el Patronato encargó el diseño del prototipo de los asientos a un equipo de profesores, entre los que estaba el Director del Laboratorio.

Todo se mantuvo en un secretismo injustificado.

El día de la inauguración, justo antes de abrir la sala al público, el Profesor del Laboratorio expuso en el tablón de anuncios del Centro los resultados de las mediciones acústicas de la sala. Al parecer eran inmejorables, tanto en sala vacía como llena. Las pruebas se realizaron con voluntarios venidos de otros lugares, cuya participación también se realizó con la mayor discreción. Reverberaba exactamente igual en toda la audiencia, y duraba no más de un segundo.

Conocedores de esta circunstancia, Sora y Al estaban impacientes por ver cuál había sido el resultado final de su proyecto.

—Me han informado que, como ganadores del proyecto, tenéis los asientos reservados para los VIP's en las primeras filas. —digo mirando a ambos.

Las puertas se abren y todos los asistentes entran buscando el mejor lugar.

Me sorprende al ver el interior. Nada ha cambiado en el techo ni en las paredes, solamente las sillas, pero éstas presentan un diseño sumamente abarrocado. Miro a Sora y Al.

Avanzan lentamente por el pasillo central, observando, boquiabiertos, el patio lleno de sillones. Porque no se trata de butacas, sino de auténticos sillones de estilo antiguo, parecidos a los de Luis XVI, fabricados en madera de caoba, con preciosas tallas doradas, apoyabrazos y respaldo alto a fin de reclinar la cabeza, todo forrado de blanco y con botones Swarovski.

Sora y Al lucen pálidos. Se detienen y lentamente retroceden hacia la salida.

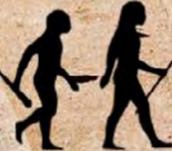
“Ornamento o delito”, pienso, mientras yo también regreso por mis pasos.



**El maestro Roncador nos pide que no revelemos (por ahora) su identidad real.**



# HOMO SUM: EL CEREBRO DEL ÚLTIMO ANCESTRO EN COMÚN



MARIO DE LA PIEDRA WALTER

*Si el hombre primitivo, cuando poseía pocas artes rudimentarias, y cuando su poder de lenguaje era extremadamente imperfecto, habría merecido ser llamado 'hombre', debe depender de la definición que empleemos.*

Charles Darwin, *El origen del hombre*

**E**n los jardines de Academo, fuera de los muros de Atenas, los alumnos descansan a la sombra de un árbol de olivos. Colocan sobre el suelo las tablillas de cera y los estiletes, con el riesgo de que el sol borre las figuras geométricas que tantas horas de la mañana les han costado. Se arremolinan alrededor de un hombre de espalda ancha y barba densa como una tormenta invernal. El gran Platón está por comenzar su clase de retórica, uno de los caminos hacia el "logos". Con cierta malicia, uno de los estudiantes lanza la pregunta sobre qué es un hombre.

Platón, que tantas veces ha escapado de las trampas dialécticas, lo resume con maestría: "el hombre es un bípedo implume." Los alumnos sonrían y se miran satisfechos; mientras que la mayoría de los filósofos se atascan en el pantano de la metafísica, el maestro ha encontrado la verdad en la economía del lenguaje. Pero el hechizo se rompe cuando Diógenes, el pensador cínico que deambula por un huerto cercano, interrumpe la lección arrojando un pollo desplumado en el centro del círculo: "¡He aquí el hombre de Platón!"

Pese a que Platón añadiría “y con uñas planas”, es evidente que su definición es insuficiente para describirnos. Desde que el ser humano reflexiona sobre el mundo, ha intentado encontrar esa característica esencial que nos diferencie de los demás animales. Desde la metafísica antigua, pasando por la teología de la edad media hasta la biología de la modernidad, el dictamen final sobre lo que somos parece siempre eludirnos.

Muchas son las ramas de la ciencia que han aportado piezas al mosaico: la sociología, la lingüística, la antropología y la biología comparada. En las últimas décadas, una ciencia en pleno florecimiento se ha resuelto a aportar su grano de arena: la neurociencia evolutiva.

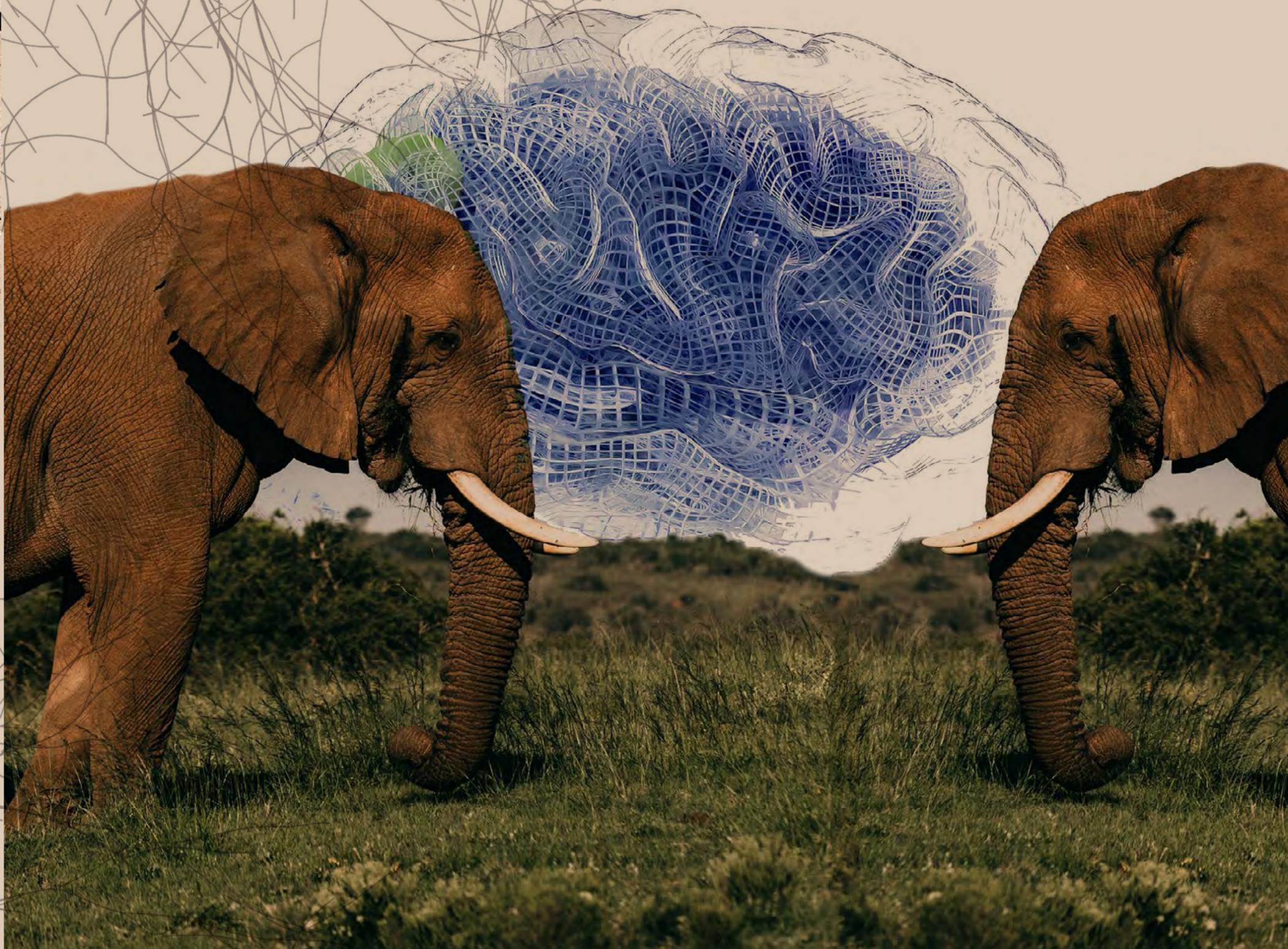
Nuestra capacidad tecnológica, la introspección y nuestra habilidad para crear y manipular símbolos es, comparado con otras especies, extraordinaria. Poseemos comportamientos profundamente únicos, como la música, el arte, el lenguaje y nuestro gusto por la ornamentación.

Tendemos a referirnos a nosotros mismos con cuali-

dades casi míticas, como poseedores de un don divino, pero a la luz de la ciencia no existe estructura completamente novedosa, al menos en el cerebro, que nos separe del resto. La familia *Hominidae* o de los “grandes primates” se subdividió hace unos 10 millones de años en dos subfamilias: la *Gorillini*, que hoy contiene dos especies de gorilas, y la *Hominini*. Esta última se ramificó en dos géneros hace 4 a 8 millones de años en el género *Pan*, del cual sobreviven los chimpancés y los bonobos, y *Homo*, del cual quedamos sólo nosotros. Es decir, compartimos el 99% de nuestra secuencia de ADN con los chimpancés, nuestros parientes más cercanos, aunque ese 1% resulte en otro universo.

Trazar el momento exacto de esta separación ha sido una obsesión desde que la teoría de la evolución fue plenamente aceptada. Antropólogos y científicos, incluido en su momento al mismo Charles Darwin, se han dado a la tarea de encontrar los componentes biológicos que nos definan como seres humanos.

*La familia Hominidae o de los “grandes primates” se subdividió hace unos 10 millones de años en dos subfamilias: la Gorillini, que hoy contiene dos especies de gorilas, y la Hominini. Esta última se ramificó en dos géneros hace 4 a 8 millones de años en el género Pan, del cual sobreviven los chimpancés y los bonobos, y Homo, del cual quedamos sólo nosotros.*



A pesar de que muchas adaptaciones de la evolución humana son observables en fósiles, como la transición al bipedalismo, resulta casi imposible delimitar lo que nos hace únicos en pensamiento. Después de todo, el tejido blando de las estructuras que componen al cerebro no se fosiliza, por lo que es difícil trazar correlaciones entre ellas y nuestra evolución cognitiva.

Se han descrito algunos rasgos específicos en diferentes niveles de organización cerebral, que incluye el tamaño del cerebro, el tamaño relativo del neocórtex, la asimetría, la distribución histológica y la expresión de genes; pero es más lo que nos acerca a nuestros parientes que lo que nos separa.

### Cerebro en común

El cerebro humano posee una dominancia hemisférica para el lenguaje, en especial en individuos diestros. Durante mucho tiempo se pensó que esta lateralización era exclusivamente humana y un requisito para expresar comportamientos complejos. Hoy sabemos que muchas de las áreas corticales asociadas con el lenguaje en humanos tienen correlaciones anatómicas en otros grandes primates.

Específicamente la asimetría del plano temporal, el área de Wernicke en humanos para la comprensión del lenguaje, que compartimos con los chimpancés, bonobos, gorilas y orangutanes. De manera similar, el surco de la corteza frontal inferior, el área de Broca en humanos para la producción del lenguaje, exhibe dominancia asimétrica en tamaño y longitud en todos los grandes primates.

La corteza prefrontal, el área del cerebro involucrada en procesos cognitivos complejos como la toma de decisiones, la planeación, la memoria de trabajo y el control de las emociones, es desproporcionadamente grande en los homínidos y ocupa hasta el 36% del volumen del neocórtex (la estructura evolutiva más reciente en el cerebro).

Aunque mayor en comparación a los otros primates, esta relación no se aleja mucho de otras especies "menores" como los macacos (31%), monos capuchinos (31%) y gibones (29%). El hemisferio lateral del cerebelo, que participa en funciones como la planeación de tareas motoras complejas, la discriminación sensorial, el desplazamiento de la atención y la memoria procedimental, también es desproporcionadamente mayor en los homínidos; lo que impulsa el refinamiento de las actividades psicomotoras y favorece procesos cognitivos más elevados.

*El cerebro humano posee una dominancia hemisférica para el lenguaje, en especial en individuos diestros. Durante mucho tiempo se pensó que esta lateralización era exclusivamente humana y un requisito para expresar comportamientos complejos. Hoy sabemos que muchas de las áreas corticales asociadas con el lenguaje en humanos tienen correlaciones anatómicas en otros grandes primates.*





El núcleo facial, de donde emerge el nervio que inerva los músculos de la cara y posibilita las expresiones faciales, es más grande y contiene un mayor número de neuronas tanto en humanos como en otros grandes primates en comparación con primates no-homínidos del mismo tamaño.

A nivel microscópico, un tipo de neurona se ha especializado en los grandes primates: la neurona de von Economo. También conocida como neurona de huso, es un tipo de célula cerebral, con un soma fusiforme, que se estrecha gradualmente en un axón apical y contiene una sola dendrita en el polo opuesto.

Es decir, a diferencia de otras neuronas que tienden a contener hasta miles de dendritas, esta neurona se especializa en llevar señales a través de áreas amplias en el cerebro de manera rápida y eficiente. Es común encontrarla en la circunvolución del cíngulo anterior, la ínsula y la corteza prefrontal, por lo que, se cree, juega un papel fundamental en los procesos cognitivos complejos y que han permitido la formación de redes sociales complejas.

En las últimas décadas se han identificado estas neuronas en otros mamíferos, como los delfines, las ballenas y elefantes asiáticos; posiblemente evolucionaron por separado (convergencia evolutiva), lo que respalda la hipótesis sobre su rol en las especies con cerebros grandes y organización social compleja.

A nivel de neurotransmisores, las moléculas que permiten la comunicación entre neuronas son variaciones poligénicas que nos unen a nuestros parientes más cercanos. Por ejemplo, tanto en humanos como chimpancés existen acumulaciones de “neuronas varicosas”, las cuales acumulan y liberan serotonina, dopamina y acetilcolina en el neocórtex; mas no en otras especies.

Esto sugiere una mayor plasticidad y capacidad de reorganización sináptica, lo que se traduce en flexibilidad cognitiva. También existen modificaciones en genes como el *GLUD2*, únicas entre los grandes primates, que regulan el metabolismo del glutamato y permiten niveles elevados de neurotransmisión.

*El núcleo facial, de donde emerge el nervio que inerva los músculos de la cara y posibilita las expresiones faciales, es más grande y contiene un mayor número de neuronas tanto en humanos como en otros grandes primates en comparación con primates no-homínidos del mismo tamaño.*



*Pese a que muchas especies de animales, como pájaros, roedores y primates, han evidenciado ciertas nociones numéricas, solo en chimpancés, gorilas y seres humanos se ha podido comprobar un sistema no-verbal para sumar y restar cantidades.*

Todas estas adaptaciones han desembocado en una variedad de comportamientos asombrosos, que parecen inherentes a nuestra pequeña familia. Solo los grandes primates, por ejemplo, poseen comportamientos como gestos y manipulación de objetos que sean exclusivos de un grupo social, que persistan de generación en generación, y que se transmitan a través de la imitación: las tradiciones.

En algunos chimpancés, por ejemplo, se han descrito hasta 39 tipos de tradiciones diferentes, desde el uso de herramientas, formas de acicalamiento, hasta prácticas sexuales. Ninguna especie en el reino animal, fuera de la familia de los grandes primates, ha mostrado más de un par de variantes del comportamiento entre sus grupos de individuos, como el canto de algunas aves o ballenas.

Otra característica de los primates es su sensibilidad a la mirada de otros. Determinar la dirección precisa donde otro individuo enfoca su atención puede otorgarnos información acerca de peligros o fuentes de comida. Más

aún, los chimpancés parecen ser los únicos primates capaces de determinar la dirección de la mirada humana.

Pese a que muchas especies de animales, como pájaros, roedores y primates, han evidenciado ciertas nociones numéricas, solo en chimpancés, gorilas y seres humanos se ha podido comprobar un sistema no-verbal para sumar y restar cantidades. Por ejemplo, un estudio demostró que las patrullas de chimpancés comparan el número de vocalizaciones producidas por chimpancés rivales con el número de individuos en el grupo, retrocediendo si el número de vocalizaciones excede a los de su grupo.

En el plano afectivo y de temperamento, los grandes primates tienen una mayor capacidad de aplazar recompensas y se muestran más tolerantes ante otros individuos, lo que habla de habilidades sociales y cognitivas más sofisticadas que les permite formar redes sociales complejas. Este control inhibitorio, una función ejecutiva mediada por la corteza prefrontal, facilita el enfoque de la atención, así como el aprendizaje y la memoria.

Son muchas las similitudes neurocognitivas que nos hermanan con el resto de los primates, con los que compartimos entre 60 y 90 millones de años de historia evolutiva. En algún punto de esta historia, una de las ramas evolutivas desembocó en el género *Homini*, que se diversificó en un sinnúmero de especies como el *Australopithecus*, *Homo erectus*, *Homoc habilis*, *Homo neanderthalensis* y nosotros, el *Homo sapiens*.

Por consiguiente, resulta lógico pensar que todas las características mencionadas se anidaban en el cerebro de nuestro último ancestro en común. Desde los tiempos de Platón, hemos anhelado definirnos a nosotros mismos. Encontrar los puntos que nos unen al resto del árbol es parte de la tarea, pero para saber qué hojas de nuestra rama son únicas habrá que esperar la siguiente entrega.

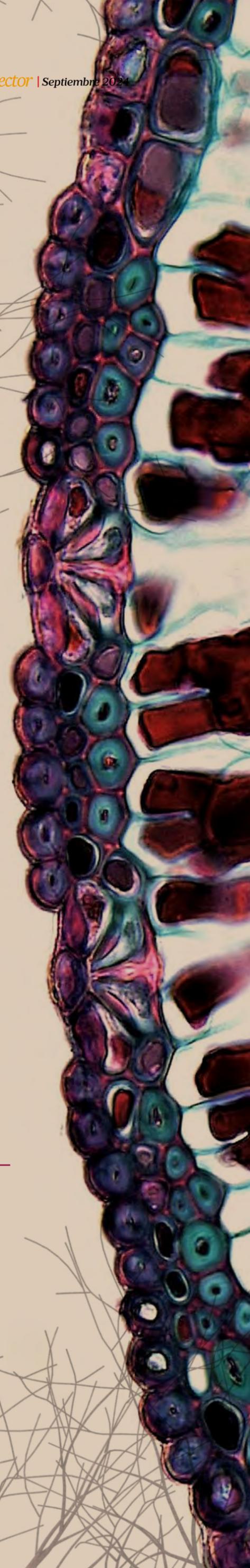
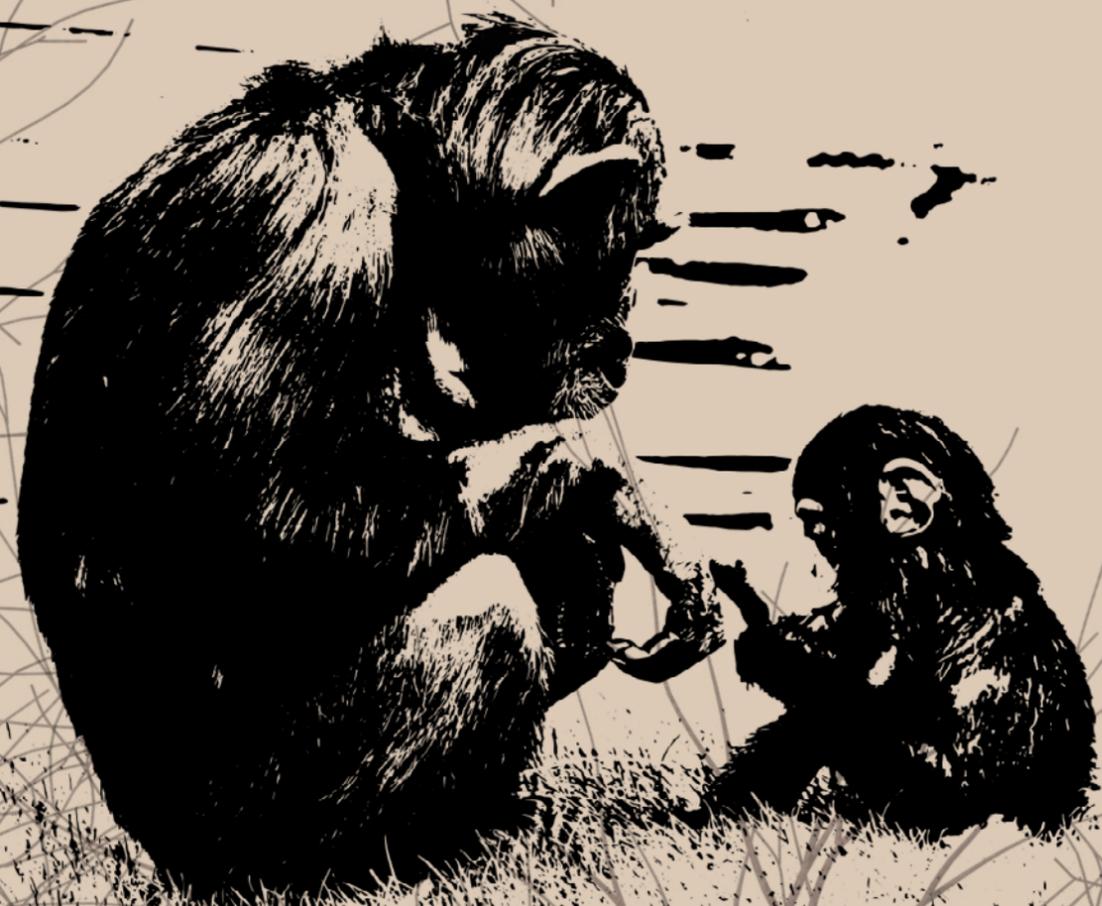


**BIBLIOGRAFÍA:**

- Sherwood, C. Subiaul F, Zawidzki T (2008) "A natural history of the human mind: tracing evolutionary changes in brain and cognition". *Review. Journ. Anat.* 2012: 426-454
- Kimbel W, Villmoare B. (2015) "From Australopithecus to Homo: the transition that wasn't". *Phil. Trans. Ro. Soc. B.* 371: 20150248.

---

\*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.



## Septuagésimo aniversario del CERN

# Álbum del recuerdo



El 21 de octubre de 2008 se inauguró oficialmente el LHC. Escena peculiar es la que muestra esta foto, pues no suele haber este tipo de despliegue de seguridad policiaca en las calles de la Ciudad Escéptica.



Hace una década, este barquito representó los sesenta años de navegación al interior del átomo.



El auditorio principal se emplea con frecuencia para llevar a cabo veladas musicales.



### Durante el concurrido acto

de clausura de los festejos por los primeros 60 años de la Ciudad Escéptica, un pequeño curioso, muy probablemente vecino del jardín contiguo, examinó el terreno, probó la tela del traje, permaneció un minuto, quizás dos, y desapareció.



### En los pueblos franceses,

fronterizos con Ginebra, se invita a los vecinos a conocer el Circo de ATLAS, la increíble aventura al interior del átomo.



### Cuando no hay tiempo

de bajar a desayunar como tu abuelita manda.



## Septuagésimo aniversario del CERN

# Personalidades de las altas energías vistas por la lente del Mercurio

CARLOS CHIMAL

## Fabiola Gianotti

Lo que dio inicio hace setenta años como una empresa dedicada a la ciencia pura, cuyo objeto era el estudio del átomo para la paz y el progreso, pero restringida a los países de la Comunidad Europea, con el tiempo se transformó en una organización internacional que acepta otros miembros asociados, e incluso la participación de grupos de investigadores y tecnólogos de países que no pueden pagar la cuota millonaria para adquirir el estatus, como los latinoamericanos, si bien en fecha reciente Brasil ya forma parte del selecto grupo. En algún momento llegó a haber ingenieros y físicos iraníes, algunos con muy buen bagaje matemático.

En años recientes nuevas generaciones han tomado la estafeta. A lo largo de varias décadas he sido testigo de cómo ha crecido la comunidad iberoamericana en un sitio dominado por investigadores anglosajones, en particular después de la negativa, en 1993, de seguir construyendo un Súper Colisionador Súperconductor en territorio texano. Su aportación es tan valiosa y real como el largamente esperado ascenso del sexo femenino en tareas de estrategia, decisión y construcción de los diversos proyectos que aquí se llevan a cabo, sin olvidar a quienes tienen otras preferencias de género.

Sin embargo, no es algo que no haya costado, que no haya provocado fricciones y lucha en la arena (pasillos, comités, asambleas, entrevistas súbitas con el director general). Todavía en 2018 un impresentable investigador hizo escándalo en los pasillos, pues se sentía víctima de un grupo de "feminazis". Semanas más tarde fue separado de la comunidad con el aplauso de la mayoría abrumadora de la comunidad.

Fabiola Gianotti es la primera mujer que dirige el CERN. La conocí cuando tenía a su cargo el grupo que estaba a punto de encontrar el bosón de Higgs (por una distorsión mediática, mal llamada "partícula divina"). Ella, al igual que muchas otras investigadoras, han renovado en las últimas tres décadas el espíritu de trabajo constante y de calidad de este laboratorio gigantesco, llamado por algunos "la Ciudad Escéptica".



Hablamos animadamente de compositores pianistas, pues ella misma es aficionada seria a la música. De hecho, me confesó, estuvo a punto de dedicarse de manera profesional a la música. "¿Conciertos y toda la cosa?", pregunté, "y toda la cosa", respondió ella, sonriente.

Gracias a Fabiola he podido disfrutar del talento de Beatrice Rana, artista contemporánea, y de otras como Francesca Caccini, quien desde muy joven destacó debido a su virtuosismo, reconocido en la corte de los Médici de Florencia, a fines del siglo XVI. Pero no serían ni el arte ni la historia, sino la aventura del pensamiento filosófico implícito en la cacería de partículas lo que la atrajo en forma irremediable.

## Peter Jenni

Hay quienes bromean con el hecho de que es muy difícil toparse con un suizo en Suiza, sobre todo en Ginebra, sede de diversos organismos internacionales como es la ONU y, por ende, de personas de todas partes del mundo que vienen por lo común unos días, muchos de ellos ataviados con sus trajes típicos, y desaparecen. Sin embargo, Peter es un suizo, de trato amable, incluso diría cálido. Participó desde la década de 1970 en diversos experimentos trascendentales en la cacería de partículas subatómicas, el más reciente de ellos, ATLAS, en donde fue colaborador clave hasta su retiro, en abril de 2013. También participó en el diseño del Gran Colisionador de Hadrones durante la década de los noventas.



## Lyn Evans

El galés Lyndon Rees Evans es un buen conversador, siempre propositivo y recio. Algunos lo conocen como "Evan the Atom". En su calidad de veterano en el diseño, construcción y manejo de aceleradores de partículas, me habló de su larga trayectoria. Levantó sus primeros pinitos aquí, en Ginebra, el año de 1969. Trabajó entre 1988 y 1993 en el fallido Súper Colisionador Súper Conductor de Steven Weinberg, que habría de construirse en Texas. El año siguiente se convirtió en líder del SPS (Súper Sincrotrón de Protones), estuvo a cargo del diseño del LEP (Gran Colisionador de Electrones y Positrones). En 1995 él y su equipo presentaron el prototipo del Gran Colisionador de Hadrones, del que fue responsable principal; trece años después estuvo involucrado en el diseño de un Súper LHC. ¡Súper Lyn!

# Robert Cailliau

La primera vez que charlamos acababa de crear para la compañía Apple su primer navegador a fin de que las computadoras Macintosh se incorporaran al en ese entonces nuevo mundo de la World Wide Web (WWW). Robert es un paladín de la ingeniería informática, pues realizó notables innovaciones en el procesamiento de los millones de datos emanados de los aceleradores de partículas de CERN, y su difusión entre los interesados alrededor del mundo. Vino a Ginebra muy joven, en 1974, cuando inició la década dorada de esta física. La cacería de partículas subatómicas se hizo, primero, a ojo pelón, y, hasta los años cincuenta del siglo pasado, mediante procesos semi automáticos, electromecánicos. Incluso en los inicios de experimentos relativamente recientes de CERN, como el UA1 (1981-1990), la computadora escribía el registro completo de una colisión interesante, y mientras tenían en espera el rastro de otras tres mil colisiones que podía ser pertinente registrar. Artífice del hipertexto, junto con sir Tim Berners-Lee y un equipo de avezados ayudantes, creó la mencionada WWW, posterior al primer internet y antecedente del que usamos en la actualidad.



# Brian Cox

Estudió física, si bien se dedicó a conducir notables programas de divulgación científica, patrocinados por la BBC de Londres. Brian es una estrella de la popularización de las ideas y descubrimientos que afectan nuestra vidas; sus emisiones gustan porque su presencia es agradable y su discurso, fluido, lleno de aspectos que permiten comprender de manera expedita la idea a transmitir. Durante el sexagésimo aniversario del CERN él fungió como maestro de ceremonias de las presentaciones, cuyo espíritu se vio reflejado en un barco de papel que, a pesar de su fragilidad y los diversos escollos que habrá de sortear en el camino (llámense incógnitas científicas y cuestionamientos socio-políticos), arribará a buen puerto, el de la certidumbre fáctica, experimental. “Estoy muy complacido de pertenecer a una comunidad tan imaginativa”, aseguró.



EN PORTADA:  
Escultura del dios  
Shiva en los jardines  
del CERN.

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  
ARTURO FERNÁNDEZ TÉLLEZ  
CARLOS FRANZ  
SIANYA ALANIS GONZÁLEZ PEÑA  
JOSÉ GORDON

GERARDO HERRERA CORRAL  
ROALD HOFFMANN  
PIOTR KIELANOWSKI  
ELÍAS MANJARREZ  
JUAN LATAPÍ ORTEGA  
ARTURO MENCHACA ROCHA  
CELINA PEÑA GUZMÁN  
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE  
OCTAVIO PLAISANT ZENDEJAS  
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ  
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON  
JUAN TONDA MAZÓN  
JUAN VILORRO  
COLABORADORES

#### HIPÓCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA  
DIRECTOR GENERAL

IGNACIO JUÁREZ GALINDO  
DIRECTOR EDITORIAL

ROBERTO CORTEZ  
REVISIÓN

OSCAR COTE PÉREZ  
DISEÑO EDITORIAL

GERARDO TAPIA LATISNERE  
DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS

BEATRIZ GÓMEZ  
DIRECTORA ADMINISTRATIVA

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