

Mercurio



Volante

29

SUPLEMENTO ESPECIAL

hipócritalector

Año II, Julio 2024

RUJDO FEST

UNA VIDA DEDICADA
A LA CIENCIA

¿DÓNDE ESTÁ SUSY?

APNEA OLÍMPICA

70CERN

EL NOBEL DE LA DISCORDIA



RUDOFEST

UNA VIDA ENTREGADA A LA CIENCIA



JUAN
VILLORO

No puedo estar de manera presencial en el homenaje a nuestro querido Pablo Rudomín porque me encuentro en Grecia, concretamente en la ciudad de Larisa, donde murió Hipócrates. La alusión viene a cuento porque estamos ante uno de los pioneros de la indagación del cuerpo humano. Y Pablo Rudomín ha dedicado su vida a explorar la parte más valiosa de nuestro organismo, que es la mente y concretamente las neuronas.

Como científico experimental, Pablo Rudomín ha demostrado con calidad excepcional la forma en que se producen las ideas que dependen tanto de la razón como de la emoción. Si Descartes dijo: "Pienso, luego existo", Pablo Rudomín nos invita a considerar que también debemos decir: "Siento, luego existo". Así pues, las emociones y los argumentos se trenzan en la mente de este excepcional científico, lo cual no es casual porque también se trata de una magnífica persona que ha llevado sus atributos emocionales a la sabiduría.

La palabra sabiduría no es gratuita. En su caso se trata de un sabio, es decir, de alguien que predica con el ejemplo. Un ejemplo, por supuesto, inalcanzable, pero que nos recuerda que el verdadero conocimiento se reviste de sencillez y de capacidad de comunicación.

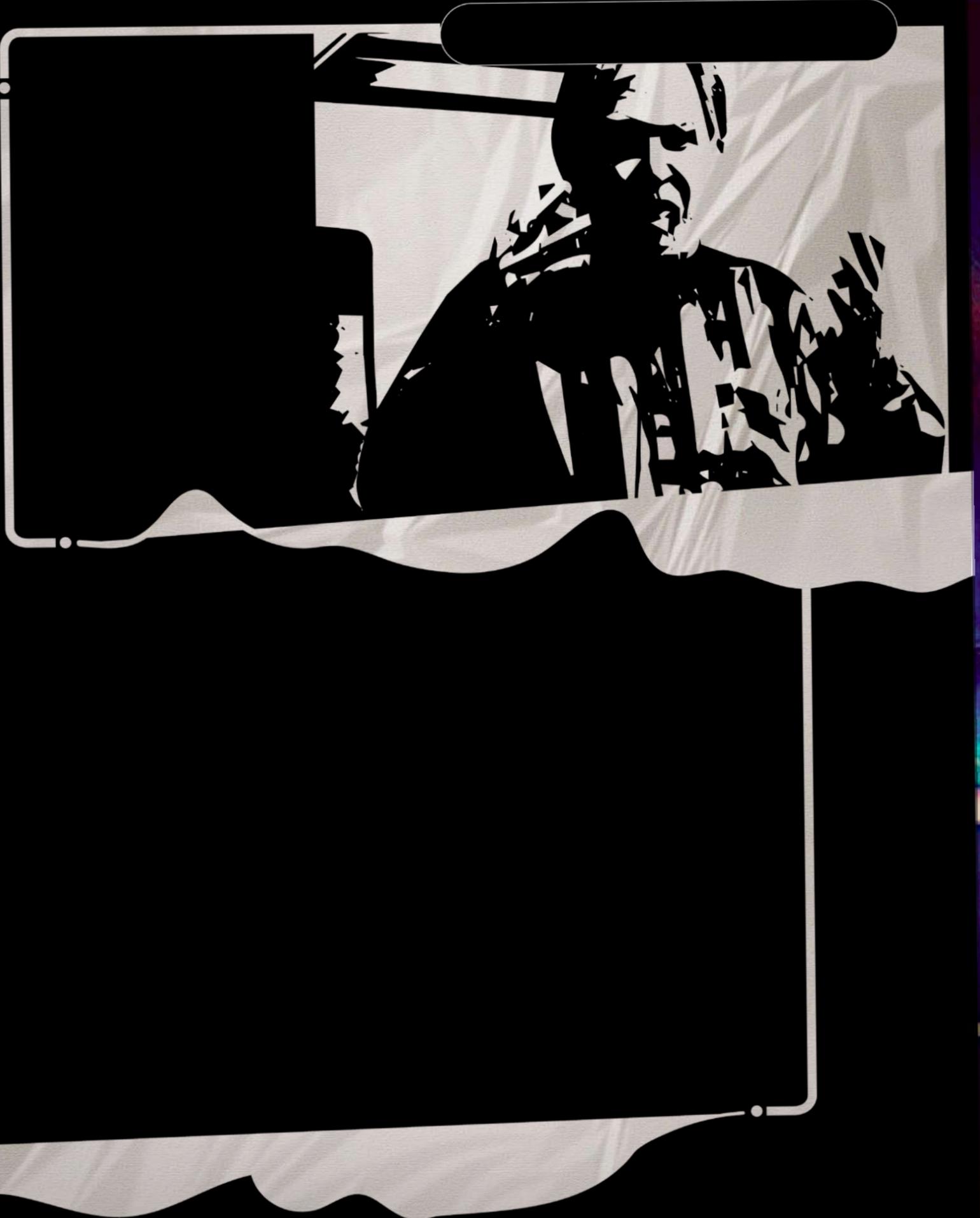
Esta empatía hace que no solo estemos ante una persona inteligente, sino ante algo superior. Un sabio que predica con el ejemplo. Felicidades, Pablo, desde Grecia, por este aniversario. ¡Gracias por todo lo que nos has dado!

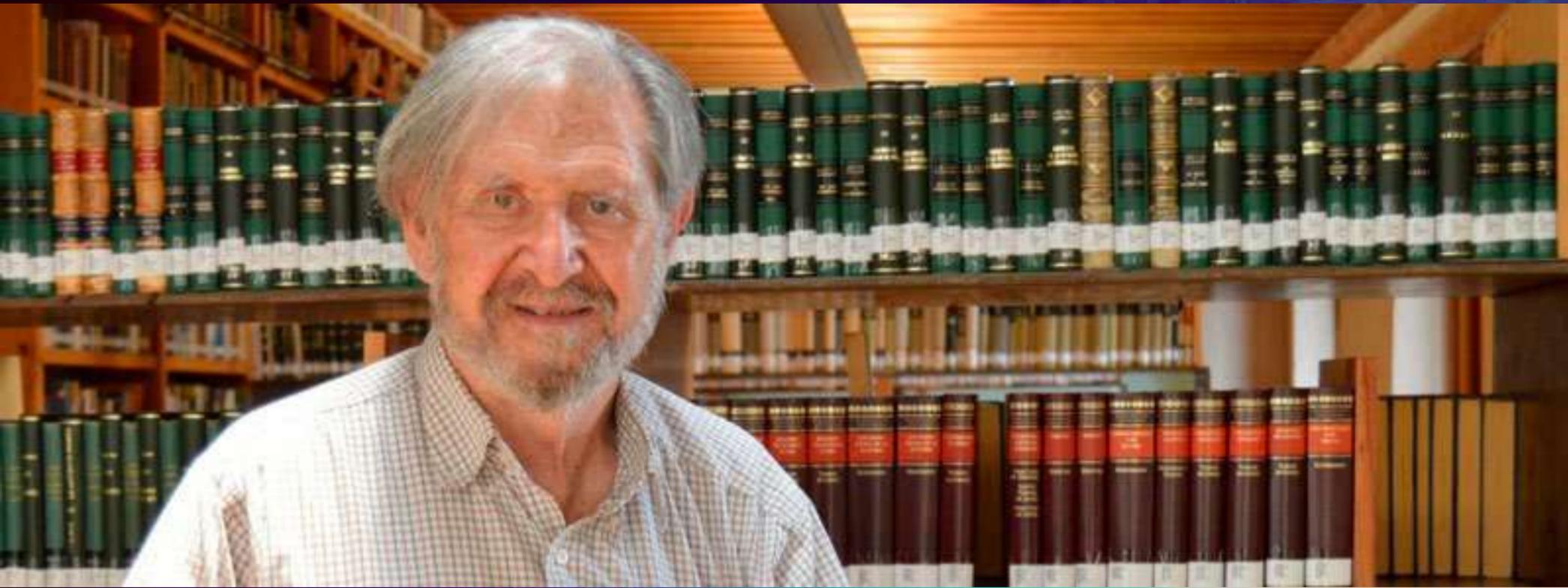


JUAN VILLORO
Escritor, pertenece a
El Colegio Nacional

RUDOFEST

UNA VIDA ENTREGADA A LA CIENCIA





ULISES CORTEÉS

La ciencia no es más que el conocimiento ordenado
Miguel de Cervantes

Es un honor dirigirles estas palabras para celebrar los noventa años del Profesor Pablo Rudomín. Los humanos somos parte mínima de un todo, que denominamos *Universo*. Nuestra vida limitada en tiempo y espacio, a veces, se ve sacudida e iluminada por cruces casi telúricos como el amor y amistad.

Mi encuentro con el Profesor Rudomín fue, y es, de esa magnitud. No puedo precisar cuándo nos vimos por primera vez, solo puedo decirles que ha sido omnipresente en mi vida los últimos sesenta años. Déjenme ponerle la moviola a este periodo.

En los años sesenta Pablo Rudomín era solo el padre de Isaac y Adrián. En los años setenta era ese señor que trotaba, a veces, por la arboleda de Echegaray, pipa en mano. Alrededor de 1975 o 1976 fue la primera persona que me preguntó *¿qué quieres ser de mayor?* También me animó a seguir escribiendo poesía y me insistió para que fuese a encontrarme con el poeta y traductor Tomás Segovia, con quien me reencontré en España y tuvimos cierta amistad. También, hacia 1978 o 1979, me dejó para fotocopiar un par de libros, uno de ellos, el de N.Z. Young (*The Memory Systems of the Brain*) me marcó para siempre.

Llevo, además, grabadas algunas citas que Pablo Rudomín repite hasta que las aprendes, por ejemplo, una de Arturo Rosenbleuth que reza "Solo el gato tiene razón". Pero quizá una con la que se autodefine, creo yo, a la perfección es:

"Yo soy experimentalista y desconfío mucho de nuestra intuición, del sentido común y de todo aquello que no podemos confrontar con un buen experimento"

En 1984, recién casados y con la tesis doctoral depositada, Helena, mi mujer, y yo visitamos a la familia Rudomín-Goldberg. En 1987 me acuerdo estar en casa, con la rodilla operada, cuando escuché que le acaban de otorgar el premio el *Premio Príncipe de Asturias* al científico mexicano Pedro Rudomín Zevnovaty. Pensé que el locutor se había equivocado al leer nombre y les llamé, sin considerar el cambio de hora, claro está que les desperté. Así le di las albricias. Cuando fueron a España a recoger el premio, los vimos en Madrid y poco después me envió una carta.

Esto fue en mayo de 1988, una carta manuscrita que aún conservo. Una carta que cambió, en parte, el rumbo de mi vida y el de mi familia. En ella me daba su opinión a propósito de la disyuntiva *de volver o no a México a hacer ciencia*.

"Aquí [en México] se necesita gente bien preparada y con interés que el país progrese, o, si quieres, que el país progrese a medida que ellos progresen. Y creo que esto es desde luego cuando uno tiene una labor creativa –ya sea que esté en el sector privado o público– o que esté en la enseñanza o investigación o en el desarrollo tecnológico."

Para luego darme su opinión sobre lo que, alguien que volvía a México a investigar debería hacer:

"¡Poner en orden esta torre de Babel! Siento que eso es realmente necesario, pero al mismo tiempo me doy cuenta que esta tarea constituye un peligro real para el que la emprenda sin tener la experiencia y la sabiduría necesaria, ya que se puede perder en el follaje y no ver el camino por el bosque... Se necesita un observador que pueda tener una visión integral, más por este país que tanto nos ha dado, aunque a veces fingimos demencia para no reconocerlo."

También me advertía, con razón, por si decidía quedarme:

"Allá serás un extranjero, un mexicano desarraigado."

No le faltaba razón, desde entonces he sido un *extranjero en todas partes*. El reto que proponía era muy grande, pensé; valoré mucho cada palabra y decidí que quizá no tenía la *sabiduría* ni la *experiencia* necesarias que él consideraba *sine qua non*.

Jamás encontré la ventana adecuada para regresar. Así que nunca volví de forma definitiva, pero tampoco me quedé en Barcelona del todo. Busqué, *inspirado* por estas palabras, formas de no *desarraigarme* y servir a México en la medida de mis capacidades.

No fue sino hasta 2011 que encontramos maneras de colaborar científicamente; algunas muy trabajadas publicaciones dan buena cuenta de ello. Esto me permitió conocer otras facetas suyas inéditas para mí, la del científico en el laboratorio, digámoslo así, en constante *diálogo con el gato*.

Fueron ocho años de constantes discusiones, debates, charlas, críticas, en definitiva, momentos brillantes durante todo este tiempo en los que hemos compartido, en deliciosa conversación, el nacimiento de ideas, en las que el brillante científico, consejero, maestro, referente y amigo me ha guiado.

También me ha permitido conocer al agitador científico que organizaba los magníficos *talleres multidisciplinares*, en Cocoyoc. Aislados en un sitio maravilloso este grupo heterogéneo se dedicaba a discutir y tender puentes transgrediendo las fronteras formales de las disciplinas propias. Pablo Rudomín se encargaba de supervisar todos detalles, animar las discusiones científicas e inventar nuevas preguntas.

En mis constantes viajes a México, encontrarnos era un imprescindible en la agenda, después, además de presencialmente, con la ayuda de la tecnología también por videollamadas. En definitiva, siempre con él desde el respeto, la admiración y el cariño que le profeso junto a su familia.

Sería injusto si en este relato no hablase también de la señora Flora, que es y ha sido la media naranja indispensable que ha llenado de sabores –cocina como los ángeles– y creatividad artística la vida de Pablo Rudomín y, de paso, la de quienes les conocemos. Su *opera vitae*, que es la casa de Echeagaray, ha ido evolucionado hasta convertirse en un espacio *mágico* y propicio para el desarrollo del conocimiento científico, la sabiduría, la belleza y la inteligencia. Todas estas son virtudes aristotélicas.



● Imagen original: <https://www.uv.mx/prensa/ciencia/ver-e-imitar-no-son-acciones-exclusivas-de-los-humanos-pablo-rudomin/>

Como ven, casi todo lo que digo tiene un sesgo, no puedo esconderlo ni quiero negarlo. Es un honor contar la amistad de esta pareja incomparable. Parafraseando a T.S. Elliot, estas son palabras privadas que les dirijo en público.

Es un orgullo haber investigado codo a codo con uno de los mejores científicos mexicanos. Creo que no exagero si digo que es un investigador y líder científico de talla mundial que sigue contribuyendo a la ciencia mundial; es, resumiendo, una gloria mexicana.

Hace una década, en el Cinvestav de Zacatenco, durante una ocasión similar, Pablo Rudomín nos convocó para celebrar junto a él ochenta años de amistad y ciencia. No sé cuántos de entre ustedes estuvieron allí, pero deseo que dentro de diez años todos pasemos lista y juntos exclamemos: ¡Pablo ha cumplido cien años!

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.





UNA VIDA ENTREGADA A LA CIENCIA

RUDOFEST

GABA THE HIPPOCAMPUS HEROES **DOPAMINA** I.D.E.A.
 DENDRITE DREAMS **RATONES** PRE-SINÁPSIS DR MIND **POSH**
 BRAINSTORM **THE LAB** NEUROSMITH **SMART KITTEN**
DJ CAT SYNAPTIC SURGE ECO NEURONAL TRANSMISSION
 POST-SINÁPSIS **AXON HARMONY** DENDRITE DREAMS

ENTRADA LIBRE

MERCURIO VOLANTE ARENA



ELÍAS MANJARREZ

Celebrar el nonagésimo aniversario de Pablo Rudomín es una ocasión especial para reflexionar sobre su influencia y legado. Desde mis días de doctorado, sus enseñanzas y amistad son invaluable. Me siento con la fortuna de ser hijo científico de un gran maestro experto en la función neuronal de la médula espinal en el Cinvestav y que se dedica a la divulgación científica como miembro de El Colegio Nacional.

Desde 2009 Pablo organiza un taller anual en octubre, que se denomina Redes Multidisciplinarias. Nosotros, sus amigos, con cariño lo llamamos el "RudoFest", evocando el Oktoberfest alemán. Este evento reúne a diversos investigadores e investigadoras, así como a jóvenes estudiantes de varias universidades, nacionales e internacionales, a fin de discutir estrategias computacionales en el análisis de la actividad neuronal del sistema nervioso central, fomentando la colaboración entre diferentes grupos de investigación.

Con el propósito de expresar mi gratitud a Pablo quiero compartir algunas anécdotas y reflexiones sobre su

obra. En 1993, tras terminar mis estudios en física y fisiología, aspiraba a realizar mi doctorado en la UNAM para estudiar las bases neuronales del cerebro. Sin embargo, requería esperar un año si quería solicitar una beca de Conacyt, así que me regresé a Puebla a esperar a que abrieran la convocatoria.

En ese lapso me enteré de que Pablo, prominente investigador del Cinvestav, daría una conferencia en el Instituto de Fisiología de la BUAP, por lo que asistí a escucharlo. Su disertación versó sobre los mecanismos neuronales que modulan la variabilidad de los reflejos monosinápticos espinales. El detalle de cómo Pablo dilucidó la forma de operación de circuitos neuronales de la médula espinal me emocionó mucho. Era como ver con lupa en el interior del tejido nervioso.

Al terminar la conferencia platiqué con él sobre mis intereses en estudiar el cerebro. Recuerdo que me dijo, con su barba blanca y líquidos ojos azules (como lo describe Juan Villoro¹): "Al cerebro también se le puede llegar por la médula espinal". Me pareció una respuesta fantástica y convincente, ya que la médula espinal es lo



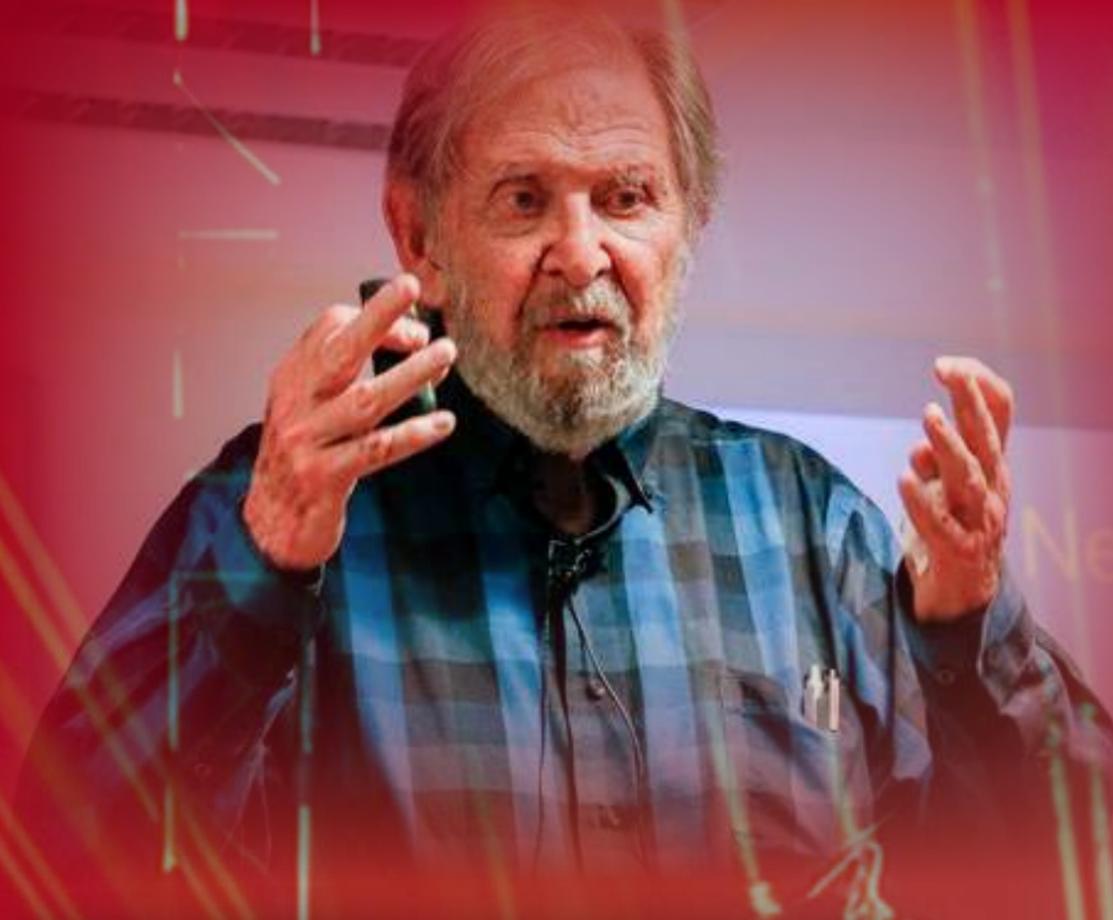
primero en formarse cuando estamos en el vientre materno. De hecho, en la evolución de las especies ocurre algo similar: la médula espinal es una estructura nerviosa más ancestral que el cerebro.

Entonces pensé que la respuesta de Pablo tenía mucho sentido, pues millones de años de evolución deberían haber hecho muy sabia la médula espinal, transfiriendo luego esa sabiduría al cerebro. ¡Esta idea me cautivó profundamente! Así que decidí conocer primero la sabia médula espinal y después el cerebro, una decisión de la que me siento muy satisfecho y con gran agradecimiento, ya que ahora me permite tener una visión más contundente sobre la neurofisiología integrativa del cerebro.

Pablo me ofreció una beca del Cinvestav mientras se abría la convocatoria de las becas Conacyt, lo que me permitió incorporarme a su laboratorio en 1993. Desde el primer día encontré un ambiente científico vibrante, con experimentos que requerían un conocimiento profundo de anestesia y cirugía aguda en la médula espinal del gato. Pronto aprendí las técnicas necesarias y me sumergí en el fascinante mundo de la ciencia de la médula espinal.

Las luces de LED de los equipos en funcionamiento, los trazos de actividad neuronal en los osciloscopios, el olor a neuroanatomía, el sonido de las bocinas durante la actividad neuronal y una médula espinal expuesta, con su circulación sanguínea intacta en un animal vivo, ¡me cautivaron! Y aun cuando los experimentos eran de muy larga duración, incluso por la noche y hasta el día siguiente, eran muy satisfactorios.

Entre esas largas noches recuerdo una en particular. Estaba solo y, de repente, comencé a escuchar rasguños y maullidos de gato en la puerta del laboratorio a las tres de la madrugada. ¡Parecía como si el gato de experimentación estuviera enviándome mensajes de venganza desde el más allá! Mi corazón palpitaba de miedo, hasta que escuché la risa de unos compañeros en otro laboratorio. Fue un momento muy chusco. ¡Quién diría que mis vecinos tenían un sentido del humor tan felino! O tal vez el gato era el bromista, uno nunca sabe.



Las luces de LED de los equipos en funcionamiento, los trazos de actividad neuronal en los osciloscopios, el olor a neuroanatomía, el sonido de las bocinas durante la actividad neuronal y una médula espinal expuesta, con su circulación sanguínea intacta en un animal vivo, ¡me cautivaron! Y aun cuando los experimentos eran de muy larga duración, incluso por la noche y hasta el día siguiente, eran muy satisfactorios.



Me impresionaba poder estudiar bajo el microscopio esa sabia médula espinal, viva y en funcionamiento, y sentirme en compañía de mi admirado maestro. Me sentía afortunado de recibir enseñanzas, de viva voz y con gran sencillez, sobre muchos de los secretos recónditos de los circuitos espinales.

Platicar con Pablo es muy emocionante, ya que muchas de sus anécdotas derivan de vivencias de sus viajes en el extranjero. Anécdotas como cuando conoció a Eccles, premio Nobel de Fisiología, quien validó con mucho interés su trabajo. Sin embargo, en casa, Arturo Rosenblueth era muy escéptico, de manera que durante un seminario, casi exasperado, Pablo le recordó la frase célebre del mismo Rosenblueth: "el gato siempre tiene la razón", aplicándole una sutil dosis de su propio ingenio para enfrentar su escepticismo.

También compartió otras anécdotas sobre la influencia de grandes maestros que lo precedieron, como Ramón Álvarez-Buylla, quien fue asistente de Anokin, discípulo del premio Nobel Ivan Pavlov, famoso por su experimento del reflejo condicionado del perro que salivaba al escuchar una campana.

Estas y muchísimas anécdotas que darían para un libro hacían, y aún hacen, un gran beneplácito para mí el poder tener la oportunidad de platicar con Pablo.

Me voy a detener un momento porque quiero contarles que, al revisar las contribuciones de política científica de Pablo, encontré una coincidencia curiosa. Rudomín fue hijo científico de Ramón Álvarez-Buylla, quien lo introdujo al estudio de los reflejos condicionados y fue su tutor en una tesis de Licenciatura de Ciencias Biológicas en 1956.

La coincidencia es que, en 1970, Pablo contribuyó de manera pionera a crear la política científica del naciente Conacyt. Y recientemente, en 2024, la hija de Ramón Álvarez-Buylla, quien es la actual directora de dicho Consejo, verá el fin de una era con su transformación en una secretaria.





En esta foto memorable vemos, de izq. a der., a Marcelino Cerejido, Hugo González Serratos, Ramón Álvarez Buylla, Hugo Aréchiga, Jorge Aceves, Virginia Thompson viuda de Rosenblueth, Carlos Méndez, Hellen Grass, Pablo Rudomín, Juan García Ramos y Enrico Stefani.

Esta coincidencia es sorprendente; podríamos decir que Ramón Álvarez-Buylla dejó una herencia “alfa y omega”, que en hebreo significa “plenitud absoluta”. Esto simboliza el cierre de una etapa crucial de 54 años en una forma de gestión de la ciencia básica y aplicada en México, una etapa en la que Pablo fue protagonista y pionero ejemplar. Esperemos que el nuevo periodo también sea de plenitud absoluta, tanto para la ciencia aplicada como para la ciencia básica, por el bien de México.

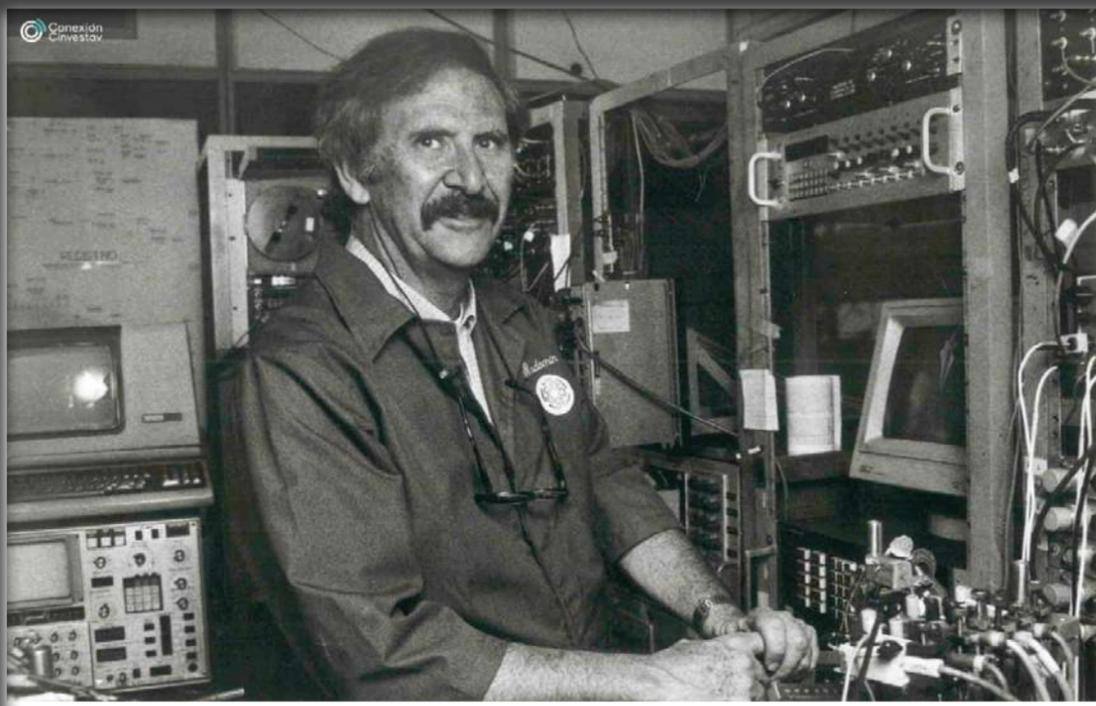
La pregunta inicial que me hizo Pablo fue muy desafiante y nos llevó por caminos sorprendentes, como seguramente también les sucede a muchos colegas. Antes de explicar esa pregunta, quiero poner en contexto lo que se sabía hasta ese momento.

El reflejo monosináptico es una respuesta que se observa cuando un médico golpea con suavidad la rodilla con un martillo, lo que provoca un estiramiento del músculo cuádriceps y una respuesta de contracción en forma de “patada”. Se llama “monosináptico” porque involucra una sola conexión nerviosa en la médula espinal.

La información del estiramiento del músculo viaja por nervios, que son como hilos que conectan el músculo con motoneuronas en la médula espinal, las cuales, a su vez, activan el músculo contrayéndolo. Este circuito fue descrito por Sherrington, pero no se conocía el origen de las variaciones en la amplitud del reflejo monosináptico. Gran parte de las investigaciones de Pablo se encargaron de dilucidar ese misterio.



Pablo Rudomín en su laboratorio con Manuel Enríquez Denton.



● Rodeando a Pablo se encuentran, de izq. a der., Marcos Nahmad Bensusan, Jorge Quevedo, Jorge Aceves e Ismael Jiménez.

En 1967, Rudomín y Dutton publicaron un artículo en la prestigiosa revista *Nature*, donde exploraron cómo ciertas vías sensoriales controlan la variabilidad del reflejo monosináptico. Las anécdotas de esta publicación, que involucran al premio Nobel de 1963, Eccles, se pueden encontrar en su autobiografía². Esta investigación fue especialmente significativa, ya que Eccles había propuesto que las vías sensoriales inhibitoras presinápticas podrían disminuir la amplitud de los reflejos monosinápticos.

Sin embargo, Pablo demostró que no solo la amplitud, sino también la variabilidad se puede modular. Esto es importante, porque una reducción en la variabilidad disminuye la redundancia y mejora la coordinación de los movimientos de nuestros músculos.

En 1984, Rudomín, Jiménez y Solodkin publicaron un artículo en la revista *Science*; ahí proponían la existencia de neuronas “dedicadas” en la médula espinal. En efecto, algunas de estas neuronas controlan tanto la entrada como la salida de información, mientras que otras solo controlan la salida.

Podemos imaginar estas neuronas como agentes de tránsito: unos se “dedican” a controlar tanto la entrada como la salida de autos en un estacionamiento, y otros solo la salida. Este hallazgo fue trascendental y meritorio de ser publicado en la revista *Science*, ya que unos tres años antes, en 1981, Hubel y Wiesel recibieron el premio Nobel, en parte por el descubrimiento de neuronas de la corteza visual “dedicadas” a responder de manera selectiva a un tipo de patrón de estímulo; por ejemplo, solo responder a una barra inclinada, pero no a otras formas en el campo visual.

Estas publicaciones, junto con otras en revistas de alto impacto, le valieron a Pablo recibir el Premio Príncipe de Asturias en 1987. Era el inicio de una etapa de estudio de neuronas “dedicadas” a ciertas funciones; resultó ser muy importante, pues se pueden identificar neuronas dedicadas que se activan cuando una persona piensa en un “concepto”; así, cuando una persona observa a Jennifer Aniston la neurona se activa, independientemente de que esta actriz lleve sombrero o use lentes de sol.

En este contexto, en 1993, Pablo me pidió que caracterizara en términos funcionales las neuronas dedicadas a controlar la entrada y salida de información en la médula espinal, así como aquellas que solo controlan la salida. Esto es importante porque ambos tipos de neuronas podrían estar causando la variabilidad de los reflejos monosinápticos.





Buscábamos identificar neuronas dedicadas “comunes” que influyen en las motoneuronas. La búsqueda experimental de estas neuronas fue muy demandante: realizamos registros individuales de neuronas y también registramos poblaciones de neuronas a lo largo de la médula espinal que modulan la amplitud del reflejo monosináptico.

Esto nos llevó a pensar que las neuronas con actividad espontánea se organizan en “ensambles neuronales”. Un ensamble neuronal es un grupo de neuronas con actividad coordinada para una función específica; este concepto lo introdujo Donald Hebb en 1949 y hoy se emplea para representar memorias, programas motores o procesos relacionados con la gestión de datos sensoriales.

Sin embargo, tal concepto tiene un origen mucho más antiguo, remontándose a los estudios de Sherrington sobre la médula espinal y a los análisis histológicos de Cajal, alrededor de 1900. Es bastante lógico pensar en términos de grupos funcionales (o ensambles) cuando se considera un músculo de una extremidad, ya que un músculo en sí mismo es un conjunto de células diseñadas específicamente para contraerse.

Desde el punto de vista fisiológico, un ensamble de células musculares se controla por grupos de motoneuronas que, a su vez, reciben una influencia de colectivos de neuronas espinales. De esta manera, la noción de ensambles de neuronas espinales con funciones específicas surge de manera inherente en el lenguaje de las neurociencias.

En el año 2000 vimos con Pablo que en la médula espinal hay ensambles neuronales, los cuales se activan en forma espontánea y que podrían funcionar como

pequeños amplificadores de los reflejos monosinápticos. Si la actividad neuronal que va a producir un reflejo monosináptico se encuentra con una vecindad activa de estos ensambles neuronales, entonces el reflejo se amplifica; por el contrario, si dichos ensambles neuronales están silentes entonces la amplitud del reflejo monosináptico es menor.

A sus 90 años, Pablo continúa investigando la organización de dichos conjuntos neuronales, explorando ahora la fisiología del control del dolor. En sus pláticas nos sugiere con gran entusiasmo que la información dolorosa estaría vinculada a la sincronización de ensambles neuronales espinales, planteando además que esta conexión temporal se relaciona con la memoria del dolor.

Por mi parte, dada esta herencia de que las neuronas espinales con actividad espontánea pueden formar ensambles neuronales con propiedades emergentes, me fui a Puebla a estudiar otros ensambles neuronales con nuevas tecnologías en el gato y en otras especies animales.



En uno de los estudios encontramos que en la médula espinal hay ensambles neuronales de generadores centrales de patrones; éstos se activan de manera secuencial durante actividades rítmicas en el gato, durante la locomoción y el rascado. Dichos ensambles generan una onda propagante que viaja desde regiones rostrales a las caudales de la médula espinal, activando los ensambles de músculos de la cadera, rodilla y tobillo durante cada ciclo de movimiento.

Tales hallazgos son de relevancia, ya que el grupo de Grégoire Courtine en Suiza nos muestra en fecha reciente que la estimulación eléctrica secuencial de dichas zonas espinales, donde están los ensambles neuronales de la cadera, rodilla y tobillo, puede coadyuvar a que un paciente parapléjico pueda volver a caminar.

Con esto se puede visualizar que las contribuciones de Pablo en el campo de los ensambles neuronales permean en esta área de las interfaces médula espinal-computadora (en homología a las conocidas interfaces cerebro-computadora). Seguramente también sus hallazgos recientes en el campo de los ensambles neuronales durante la experiencia del dolor tendrán aplicaciones futuras de gran trascendencia.

El impacto de sus aportaciones no se limita a los ensambles neuronales espinales. Gracias al RudoFest, influye en generaciones de investigadores jóvenes que ahora trabajan en el estudio de los ensambles neuronales en diversos contextos funcionales, desde rebanadas de tejido hasta preparaciones animales *in vivo* y estudios en humanos.

Celebramos, pues, no solo los 90 años de vida de Pablo, sino también su legado continuo en la neurociencia que perdura. Su pasión y dedicación siguen inspirando a nuevas generaciones de científicos.



Referencias:

- ¹Villoro J (2023) *El Vértigo horizontal*. Editorial Almadia, ISBN: 978-607-8764-76-1.
- ²Rudomín P (2014) Pablo Rudomín. Society for Neuroscience. The history of Neuroscience. Volume 8. <https://www.sfn.org/-/media/SfN/Documents/TheHistoryofNeuroscience/Volume-8/PabloRudomín.pdf>

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 ensambles neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensambles 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.

DESISTIR DE SUSY

En el *Mercurio* de junio de 2024 publicamos el testimonio histórico de tres notables físicos teóricos del CERN, Luis Álvarez Gaumé, Álvaro de Rújula y John Ellis, quienes nos hablaron de las ideas que estaban en el aire a fin de profundizar en aquellos aspectos del Modelo Estándar de la Materia que aún permanecen oscuros. Una de ellas, la necesidad de la existencia de partículas supersimétricas (SUSY), fue defendida por diversas razones hipotéticas. Sin embargo, en junio de 2016 los experimentos llevados a cabo en el Gran Colisionador de Hadrones no encontraron las tan esperadas partículas. SUSY quedó descabezada. En esta ocasión un profundo conocedor del tema, nuestro colaborador Gerardo Herrera Corral, nos ofrece una reflexión sobre la suerte de semejante propuesta hipotética.

La simetría ausente

GERARDO HERRERA CORRAL

“La gran tragedia de la ciencia es la muerte de una hipótesis hermosa a manos de la horrible realidad”, decía Thomas Huxley. El gran biólogo británico estudió fósiles de reptiles y aves contribuyendo al desarrollo de la historia evolucionista, pero en más de una ocasión debió abandonar ideas sencillas de cambios esperados en especies de su interés por otras de mayor complejidad y menor valor estético. Una maquinaria natural moldea con los recursos a la mano y sin grandes preocupaciones por alcanzar la perfección o la belleza.

“Ningún ingeniero cometería un error así”, pensaba Richard Dawkins al ver el cuello de una jirafa. El nervio laríngeo que es un ramal del nervio vago que sale del cerebro para llegar hasta la laringe a unos centímetros de distancia, debería recorrer ese tramo y no más, sin embargo, en las jirafas el nervio baja hasta el pecho del animal para dar vuelta a la aorta y luego regresa a la laringe alargándose cuatro metros o más.

Estas son las consecuencias de un proceso evolutivo que comenzó en los peces con el nervio vago dando vuelta a la arteria que sale del ventrículo izquierdo y que permaneció así aun cuando los cambios evolutivos condujeron al largo cuello de las jirafas.

No es el único ejemplo de imperfecciones de la naturaleza. El Rey Sabio Alfonso X es famoso por haber dicho: “Si Dios me hubiera consultado sobre el sistema del Universo, le habría dado unas cuantas ideas”.

La razón para que un sentimiento de frustración acompañe al fracaso de una bonita idea cuando es confrontada con la realidad tiene que ver con la desmesurada afición que los seres humanos tenemos por las buenas historias. El relato es parte fundamental del ser humano, elemento esencial de sobrevivencia y conexión emocional con los demás.



Cuando los físicos nos dimos cuenta de que detrás de todas las cosas está siempre una simetría nos obsesionamos en buscar más y más de éstas en la naturaleza. Construimos una narración espectacular, bella, impresionante y elocuente, alrededor de la simetría en la naturaleza y del papel que desempeña en el universo.

La historia que gira en torno a esta singular propiedad de las categorías más elementales, de sus procesos y comportamiento en el mundo, nos ha permitido hacer sentido, hilvanar estructuras, predecir sucesos y sentir que hemos descifrado los secretos del cosmos.

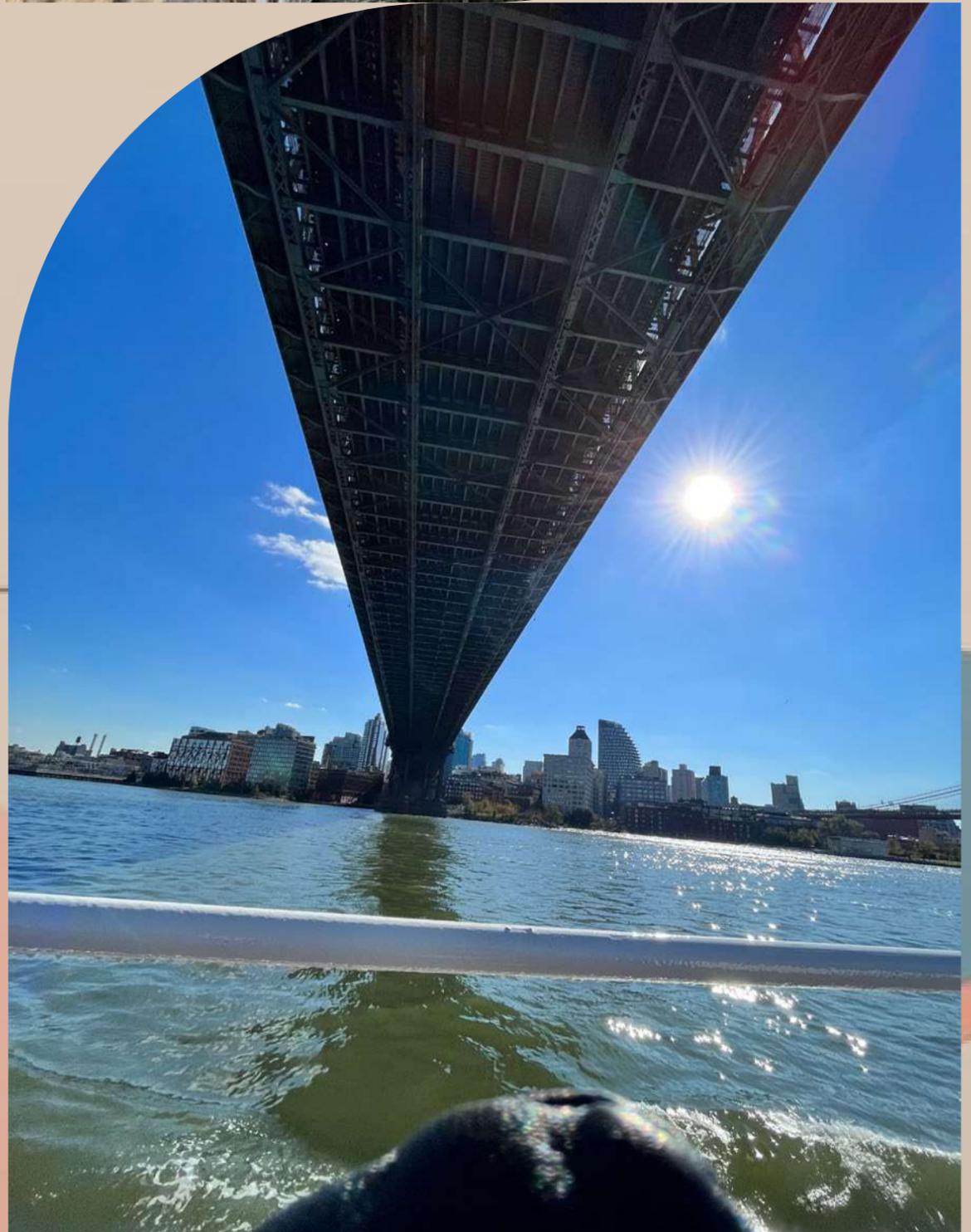
Aunque muchas simetrías son evidentes, otras no lo son tanto. Así por ejemplo el espacio es simétrico, nos podemos trasladar en él y lo que vemos no cambia. Una simetría es eso: lo que no se altera cuando efectuamos alguna acción. Podemos cambiar nuestra posición, pero el Universo sigue siendo el mismo, sus propiedades permanecen.

Es verdad que trasladarse del comedor a la sala nos ofrece un panorama distinto, pero eso se debe a que la simetría del espacio está rota, la presencia de objetos, la intervención que hemos realizado en el espacio ha cambiado el aire de las cosas y, no obstante, la simetría está ahí, oculta detrás de las flores, alrededor de la luz que entra por la ventana, en la atmósfera que llena la estancia.

Tal simetría se puede percibir sola, sin los objetos irrelevantes que podemos eliminar en un ejercicio de abstracción para ver algo tan importante como que el espacio es igual en todas direcciones. El espacio es simétrico.

Cuando rotamos vemos las mismas leyes que rigen a nuestro derredor y, si no es así, es porque algo ha modificado la simetría rotacional escondiendo lo que en el fondo sí está; no existe ninguna razón fundamental más allá del rompimiento espontáneo o intrínseco para que las cosas sean distintas. Si en una dirección el espacio parece deformarse porque la atracción gravitacional es mayor, es solo debido a que la simetría primaria se rompió con la presencia del planeta que tenemos a nuestros pies produciendo un campo gravitacional.

Cuando los físicos nos dimos cuenta de que detrás de todas las cosas está siempre una simetría nos obsesionamos en buscar más y más de éstas en la naturaleza. Construimos una narración espectacular, bella, impresionante y elocuente, alrededor de la simetría en la naturaleza y del papel que desempeña en el universo.



De la misma manera, si vemos a la naturaleza en un intervalo de tiempo, nos daremos cuenta de que, hoy y poco después, las propiedades de las cosas serán las mismas porque la naturaleza es simétrica en el tiempo.

Como estas, muchas otras y de todo tipo: las cargas eléctricas pueden ser intercambiadas positivas por negativas y viceversa, dejando todo igual, la escala en el espacio y el tiempo puede ser modificada para que veamos ciertos sistemas idénticos sin importar la proporción, etcétera, etcétera.

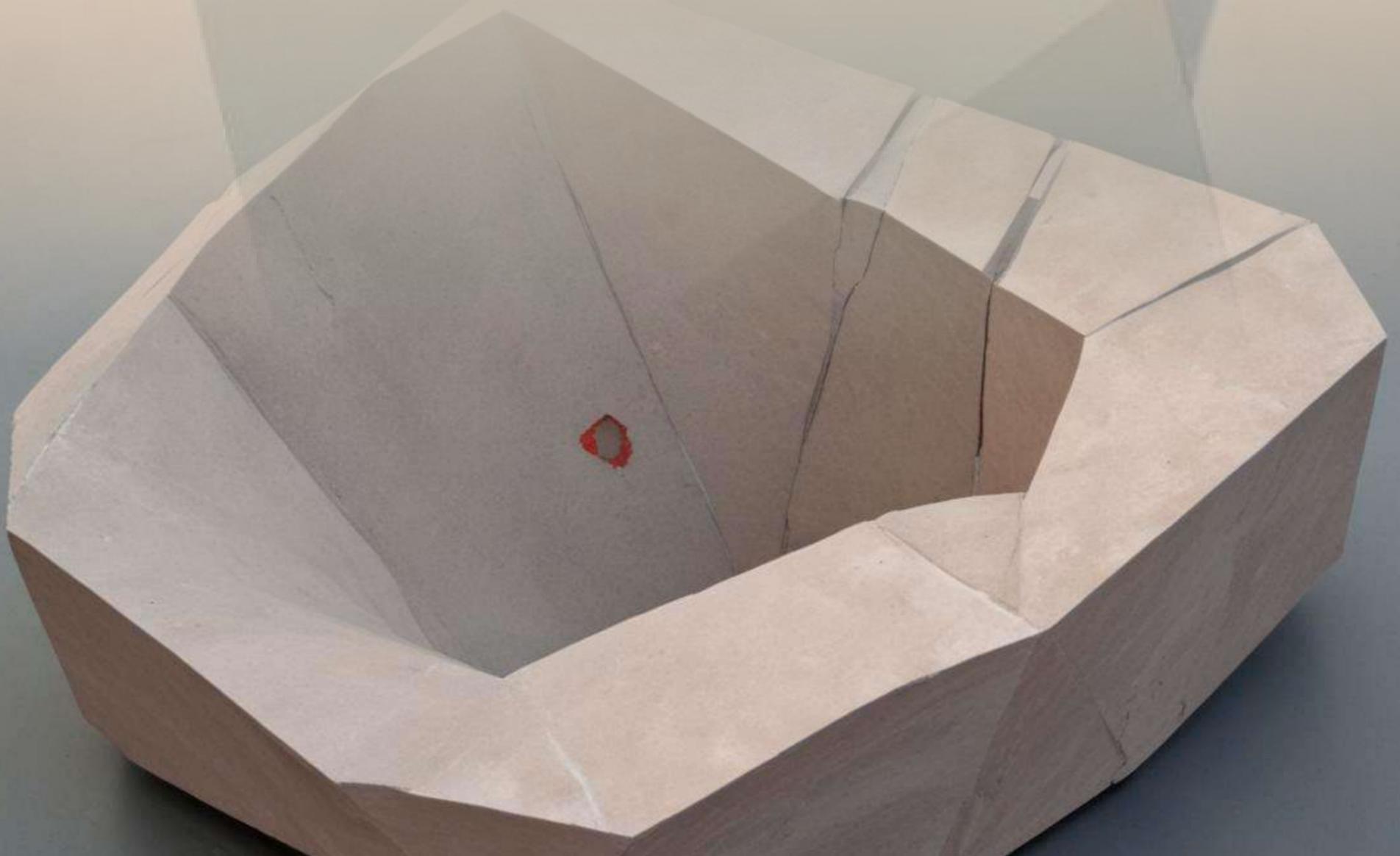
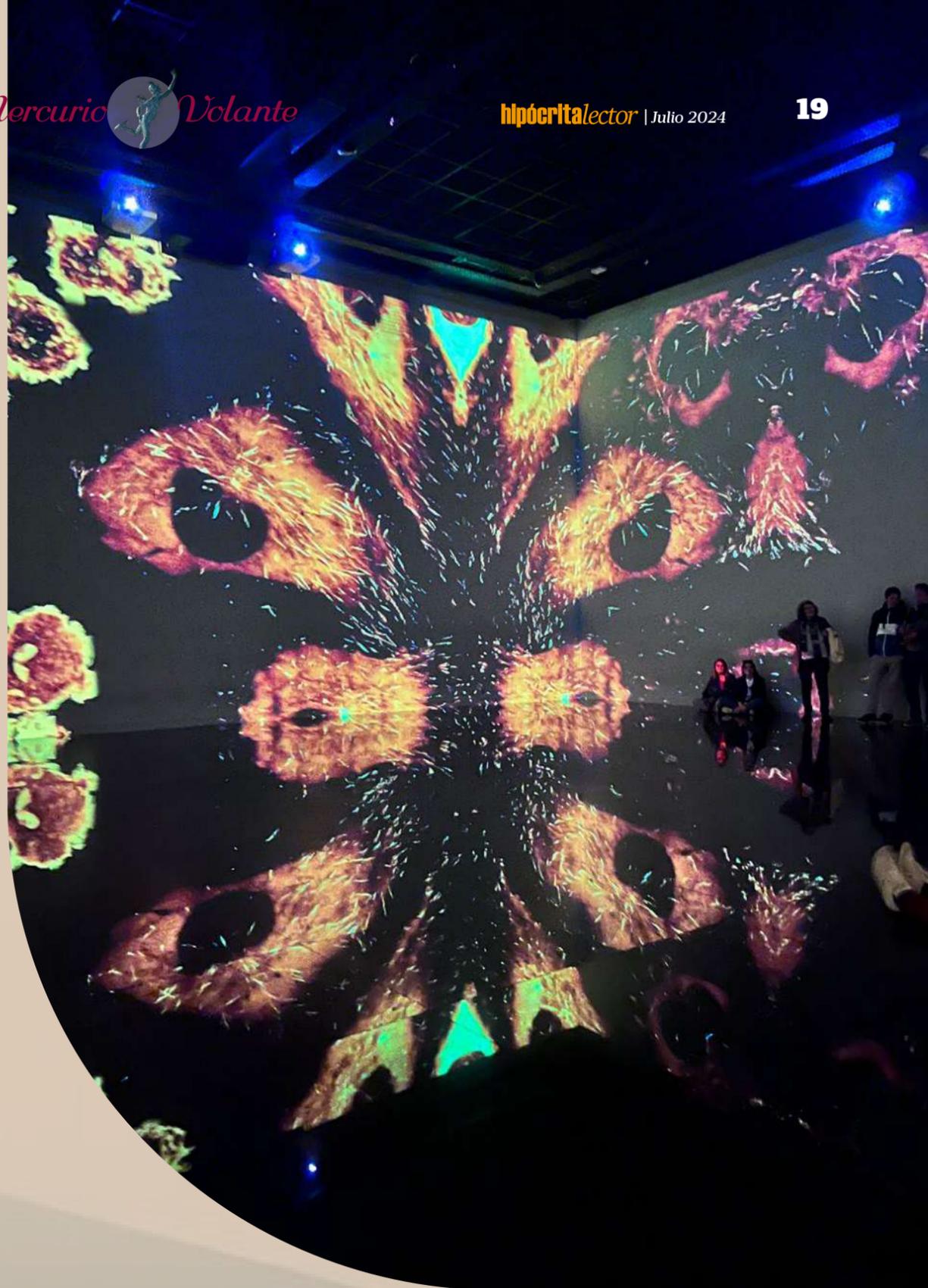
Las simetrías globales mencionadas están relacionadas con leyes de conservación. Aprendimos en la escuela que la energía se conserva y si hubiésemos tenido el valor de preguntar al profesor porque eso es así, él hubiera contestado que la razón por la que tenemos una ley de conservación de la energía se debe justamente que el universo tiene una simetría temporal.

Es a partir del hecho intuitivo según el cual las leyes naturales siguen siendo las mismas en cualquier intervalo de tiempo que la conservación de la energía se establece en la naturaleza y es a partir de que el universo se comporta igual sin importar la posición en el espacio que la cantidad de movimiento de los objetos se conserva. Este peculiar aspecto de la realidad es quizá uno de los descubrimientos más profundos de la física moderna.

Simetría significa que no es necesario considerar muchos detalles al describir un sistema. La simetría nos da las propiedades generales de manera sintética. Es un principio ordenador en el Universo con el significado adicional de que todas las perspectivas nos darán el mismo paisaje.

De todas las simetrías conocidas y por conocer, quizá la más famosa por su inquietante ausencia es la llamada Supersimetría. Los físicos la han llegado a conocer como Susy (acrónimo del inglés) y, una manera de presentarla en público, es diciendo que esta simetría suprema se relaciona con el espín de las partículas.

Todas las partículas conocidas se dividen en dos tipos: los fermiones que parecen girar como nuestro planeta con magnitud tal que el giro está dado por números semi enteros y los bosones que aparentan estar girando con una velocidad representada por números enteros. Esta aparente dicotomía podría ser el resultado de una simetría suprema que ahora está oculta. El orden que unifica a fermiones y bosones en una sola partícula se esconde y por eso vemos dos entidades distintas.



No obstante, si esta supersimetría existiese, todas las partículas elementales que conocemos deberían tener un asociado con el espín opuesto a su naturaleza, es decir, por cada fermión debería existir en la naturaleza un bosón correspondiente.

Con los socios supersimétricos para cada una de las partículas conocidas es posible unificar a fermiones y bosones. Quarks y s-Quarks, fotones y fotinos, Higgs y Higgsino, etc. formarían un solo estado super simétrico. Si los vemos separados es porque esta simetría suprema se rompió hace tiempo.

La teoría de la supersimetría es pues una teoría unificadora que no separa a un sector de otro.

Desde este marco de pensamiento las fuerzas naturales, que están representadas por bosones, y la materia, que está representada por los fermiones, son aspectos de lo mismo. La aparente dualidad: fuerza - materia es solo manifestación de algo que es ambas cosas a la vez.

Una teoría de la supersimetría considera pues que debe existir un s-electrón o electrón supersimétrico, también deben existir s-quarks, -uno de cada especie- debemos tener fotinos que están asociados a los fotones que vemos, y debe haber gluinos que son el asociado super simétrico de los gluones. El Higgs que conocemos desde el año 2012 en que fue avistado por primera vez deberá tener asociados supersimétricos a los que se conoce como Higgsino y las partículas W y Z tendrán socios Wino y Zino respectivamente.

Así se construye una teoría que unifica la pertinaz dicotomía de la naturaleza en fermiones y bosones.

En todo este cuadro de simplificación y belleza hay un problema: las nuevas partículas que deben estar en la naturaleza haciendo posible la unificación, no existen. El experimento Gran Colisionador de Hadrones en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares CERN no las ve después de muchos años de búsqueda.

Una teoría de la supersimetría considera pues que debe existir un s-electrón o electrón super simétrico, también deben existir s-quarks, -uno de cada especie- debemos tener fotinos que están asociados a los fotones que vemos, y debe haber gluinos que son el asociado supersimétrico de los gluones. El Higgs que conocemos desde el año 2012 en que fue avistado por primera vez deberá tener asociados supersimétricos a los que se conoce como Higgsino y las partículas W y Z tendrán socios Wino y Zino respectivamente.





La hermosa idea de partículas asociadas con la misma masa, –versión ideal de la supersimetría, no existe–. Susy parece ser solo una bella idea y no una simetría del Universo; por lo menos, no en su versión más perfecta de asociados equivalentes de los objetos ya conocidos. La super simetría es la simetría ausente.

Todo pudo haber sido tan maravilloso porque contar con el doble de las partículas que actualmente tenemos no solo nos ofrece un esquema de pensamiento unificado, nos daría también una larga lista de nuevos objetos en la naturaleza que ayudaría a completar el inventario que ahora está vacío dejando lugar a la materia oscura.

Todas estas nuevas partículas supersimétricas darían cuenta de la tan buscada materia oscura. De manera que la teoría de la supersimetría no solo nos proporciona una manera de unir a la materia con las fuerzas, también nos resolvería el problema de la materia oscura en el Universo.

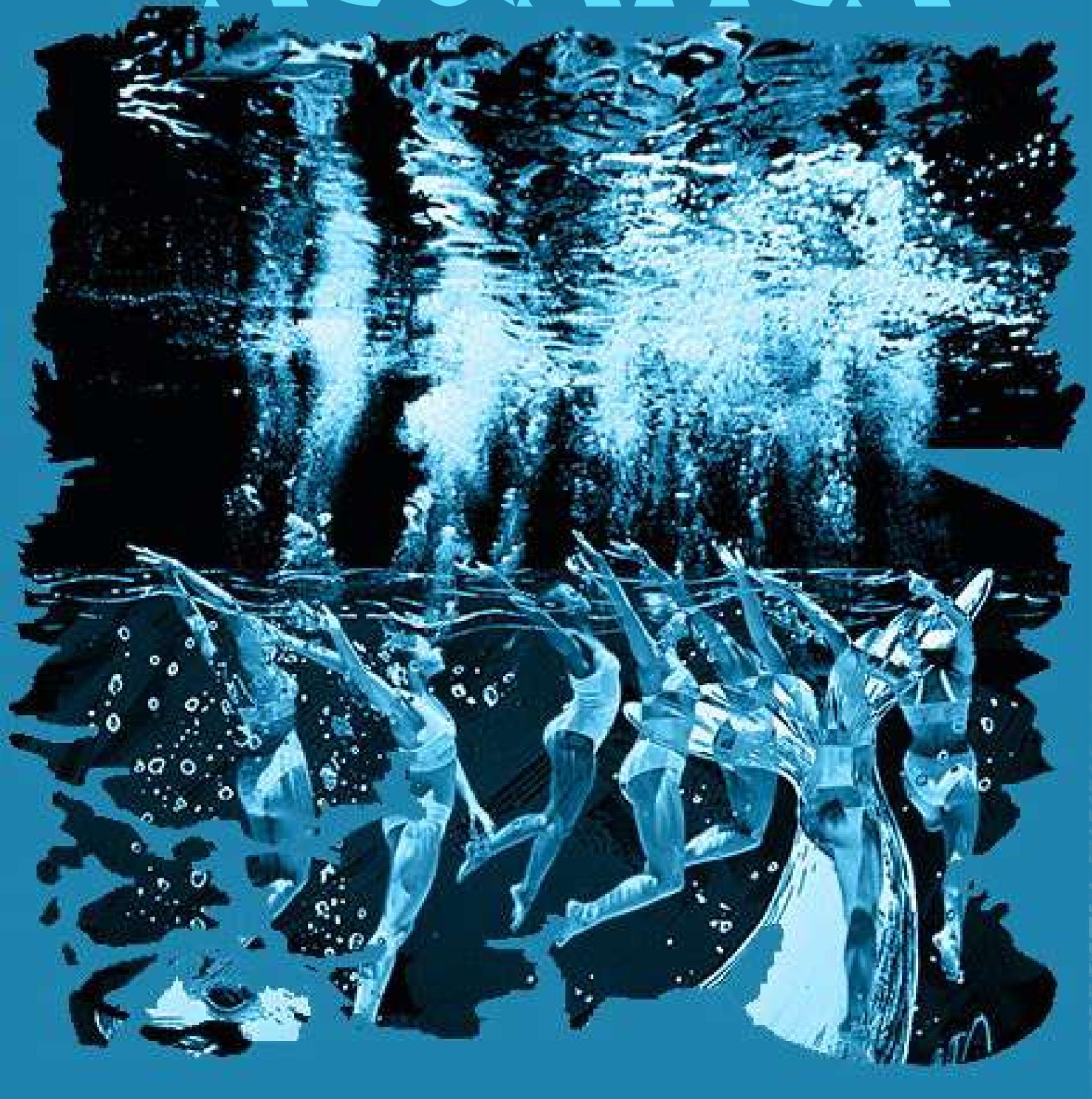
Sería fantástico si la naturaleza fuera super simétrica pero no lo es. Por supuesto que un marco de pensamiento tan poderoso no se abandona tan fácil y los especialistas tiene ya manera de prolongar la vida del formulario teórico. Ahora proponen buscar partículas supersimétricas más pesadas, y si no están cuando llegemos ahí, tendremos la posibilidad de llevar más lejos las mismas ideas para que la supersimetría no muera.

En todo caso, SUSY, la supersimetría en su versión ideal, no parece existir, y qué pena que, otra vez, la realidad decreta la muerte de una bella hipótesis.



***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).

CIENCIA EN LA DANZA ACUÁTICA



NORMA ÁVILA JIMÉNEZ

Las focas, las ballenas y otros mamíferos marinos nos sorprenden por su gran capacidad para permanecer mucho tiempo bajo el agua. De acuerdo a la página web de World Animal Protection CR, las focas comunes bucean por 30 minutos, mientras que los elefantes marinos se pasean inmersos en el mar hasta por dos horas. En el caso de las ballenas, los cachalotes pueden estar dentro del agua durante 90 minutos y los ballenatos Cuvier, como si tuvieran equipo scuba, se mantienen dentro por más de dos horas, según *National Geographic*.

¿Cómo lo logran? En junio de 2013 un grupo de científicos, liderado por Scott Miceta, dio a conocer en la revista *Science* que los mamíferos marinos son capaces de acumular grandes cantidades de oxígeno en sus músculos sin obstruirlos. Los especialistas extrajeron de estos animales mioglobina, proteína que se encarga de transportar y almacenar oxígeno en los músculos.

Cuando esto sucede las proteínas tienden a “pegarse” unas con otras y atrofian la funcionalidad corporal. Ellos descubrieron que en el caso de las especies citadas, dichas moléculas proteicas no se “pegan”, lo que sí sucede en otras, lo cual les permite realizar su buceo libre sin problemas.

Los seres humanos no poseemos esa condición fisiológica; sin embargo, aún con nuestras limitaciones siempre hemos querido ir más rápido, llegar más alto o más lejos, ser más fuertes... y permanecer dentro del agua dulce o salada por más tiempo. De allí que los apneístas compitan por romper el récord de buceo a pulmón, que en la actualidad pertenece al francés Arnaud Jerald, cuya inmersión a 120 metros de profundidad se prolongó durante tres minutos y medio.



● Equipo nacional de nado artístico ganador en París, mayo 2024. Crédito, X del Comité Olímpico Mexicano.



● Equipo nacional juvenil. Crédito, X del Comité Olímpico Mexicano.



Una disciplina olímpica, en la cual el suspender la respiración es imprescindible y que ha llamado recientemente la atención en México debido a las dos preseas de oro ganadas por el equipo nacional en París, es el nado artístico (antes lo llamaban sincronizado). Las nadadoras (aunque también ya hay nadadores que compiten en la prueba de parejas), han aprendido a aprovechar los recursos que ofrece nuestro organismo para desarrollar sus rutinas. Quienes hemos disfrutado de una contienda de este tipo, cuando las competidoras salen para jalar aire, nosotros lo echamos fuera junto con la emisión de un “puff” de alivio.

Lo que sucede en nuestro cuerpo

La doctora Laura Myriam Andrade Aguilar, especialista en Medicina del Deporte que durante un año trabajó con el equipo de nado artístico del Centro Social Cultural y Deportivo (Censodep) de la Ciudad de México para investigar la capacidad y ventilación pulmonar de las nadadoras, explica que al practicar la contención de la respiración, al mismo tiempo que se ejercita el cuerpo, nuestro organismo aprende a obtener el máximo de oxígeno posible, aumentando progresivamente la capacidad aeróbica. Esto involucra el funcionamiento del corazón, vasos sanguíneos y pulmones para resistir de manera óptima la demanda energética y lograr una recuperación rápida durante una competencia.

“Con el entrenamiento se hace más eficiente el proceso de ventilación pulmonar –la cantidad y frecuencia de aire inspirado y expirado durante un periodo de tiempo–, de las participantes, así como su tolerancia a niveles altos de dióxido de carbono en el cuerpo, el cual aprenden a desechar”.

¿Cómo lo logran? La bióloga Laura Alicia Marín Bonilla, responsable del equipo de nado artístico de Querétaro, explica que cuando se inician en los entrenamientos, las principiantes primero nadan sin respirar 10 metros, luego 15, 20, etcétera, hasta llegar a 50 metros.





Es el comienzo de la adaptación, “primero por distancias y luego se van agregando poco a poco los movimientos. En momentos sienten desesperación por querer salir a respirar, eso las desconcentra y ejecutan mal las rutinas. De allí que se les entrene a tener calma, a enfocarse en lo que están haciendo”, subraya Marín Bonilla, quien practicó este deporte por muchos años.

Con el tiempo hay quienes aguantan hasta un minuto de cabeza haciendo movimientos, además de que su capacidad ventilatoria se incrementa si se les compara con la de atletas de otras disciplinas, subrayan ambas entrevistadas.

Al retener la respiración el ritmo cardíaco puede disminuir hasta un 25 por ciento, lo que da lugar a la ralentización de las funciones corporales para disminuir el consumo de oxígeno en la sangre. Al mismo tiempo, la apnea favorece el envío del oxígeno y glucosa al cerebro “para mantener despiertas a las competidoras y que no pierdan la coordinación”, así como al corazón, mientras que los brazos y piernas quedan con menos oxígeno, explica la doctora en medicina deportiva.

Por ello es importante que el organismo produzca el oxígeno necesario. Las células lo utilizan para transformar el alimento en energía; sin embargo, si no lo obtienen en suficiente cantidad, “las células utilizan otro proceso que produce lactato. Su hígado y riñones modifican al lactato en glucosa (azúcar)”, importante fuente de energía, se lee en la página web de MedlinePlus.



● Las focas son excelentes apenistas. Bahía Margarita, Antártida. Crédito, Norma Ávila Jiménez.



● Pruebas en el cicloergómetro.



● Dra. Laura Andrade haciendo pruebas en el cicloergómetro.

Como espectadores, no imaginamos todo lo que está sucediendo dentro del organismo de estas atletas, solo disfrutamos de las figuras que forman, a veces semejantes a estambres de flores –cuando están sumergidas con las piernas extendidas fuera del agua–, a copos de nieve vistos a través de un microscopio, a molinos de agua girando, o a montañas irrumpiendo, rutinas que siguen el ritmo de la música que también escuchan bajo el agua con la ayuda de bocinas especiales.

En reposo, la frecuencia cardíaca de estas nadadoras puede disminuir hasta a 38 latidos por minuto cuando son de alto rendimiento, aunque la mayoría está entre 50 y 60. Vale compararlo con una persona que no hace ejercicio, cuya frecuencia cardíaca por lo general corresponde a 70 u 80 latidos por minuto.

Cuando la doctora Andrade llevó a cabo la investigación de su tesis de doctorado, midió el consumo de oxígeno, dióxido de carbono y carbohidratos de las integrantes del equipo de nado artístico del Censodep durante una rutina, tal como si la estuvieran haciendo dentro del agua, pero en el exterior. Esto lo hizo con ayuda de un analizador de gases o cicloergómetro.



● Profesora Laura Marín, entrenadora del equipo de nado artístico de Querétaro. Indereq.

Como espectadores, no imaginamos todo lo que está sucediendo dentro del organismo de estas atletas, solo disfrutamos de las figuras que forman, a veces semejantes a estambres de flores –cuando están sumergidas con las piernas extendidas fuera del agua–, a copos de nieve vistos a través de un microscopio, a molinos de agua girando, o a montañas irrumpiendo, rutinas que siguen el ritmo de la música que también escuchan bajo el agua con la ayuda de bocinas especiales.



A las nadadoras se les colocó una mascarilla. Sentadas en una bicicleta respiraron como lo harían durante su presentación. Comparó los resultados obtenidos con un grupo control de practicantes de gimnasia olímpica y concluyó que los niveles de ventilación en las primeras fueron más altos y los de dióxido de carbono más bajos, además de mostrar menor daño muscular. El artículo respectivo a esta investigación, realizada junto con los especialistas José Naranjo y Alexander Kormanivsky, fue publicado en la revista *Archivos de Medicina del Deporte*, en 2010.

La danza acuática

“Cuando estudiaba biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, en la clase de fisiología vimos la adaptación de algunos animales a la apnea e hicimos un muestreo para ver nuestra capacidad pulmonar”, afirma Laura Marín, entrenadora del equipo de Querétaro.

“En esa época ya tenía mucho tiempo de practicar la citada disciplina y cuando llegó mi turno de retener la respiración en reposo, llegó un momento en que mis latidos empezaron a disminuir para consumir menos energía y resistir más tiempo, tal como lo hacen las focas, entre otros mamíferos marinos”, puntualiza.

Aclara, como ya se señaló, que el humano no puede adaptarse igual que los mamíferos marinos a aguantar demasiado tiempo bajo el agua, “pero en cierta forma entrenándonos podemos, aunque en menor medida, lograr adaptarnos a la apnea”, de acuerdo a las posibilidades que ofrece nuestro cuerpo.

La instructora de nado artístico demostró en esa clase de biología lo que sucede con el metabolismo en estado de apnea, acción básica en la danza acuática.

Para regular cuánto tiempo se puede estar dentro y fuera del agua, transiciones y movimientos, la World Aquatics, federación internacional respectiva, hizo cambio en el reglamento “para evitar que las atletas permanezcan bajo el agua mucho tiempo y exista el riesgo de sufrir desmayos, pero puede ser que después de París 2024 nuevamente haya modificaciones”, señaló.

De acuerdo a los posibles cambios las atletas deberán preparar su resistencia y la concentración mental para seguir obteniendo los mejores puntajes. Este equipo obtuvo ocho medallas de bronce y dos de plata en los recientes Juegos Nacionales Conade, edición 2024. Es importante que sigan “convirtiéndose” en focas mientras realizan sus rutinas.



*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).





PARTICLEFEVER

WITH ONE SWITCH, EVERYTHING CHANGES



CineGI

Septuagésimo
aniversario del CERN

FIEBRE DE PARTICULAS

CARLOS CHIMAL

En la Ciudad Escéptica la cultura científico-tecnológica se fusiona con la vida humanista, como puede verse en la puerta de esta oficina: *Be hot, Stay cool* anuncia el cartel, es decir, que para hacer ciencia de punta hay que tener los pies calientes y la cabeza fría.

Otra puerta exhibe una fotografía de la estatua de bronce del genial filósofo y aforista del siglo XVIII, George F. Lichtenberg (véase el Mercurio 26, abril de 2024), la cual se encuentra en Gotinga y nos recuerda el largo camino que ha recorrido el pensamiento escéptico, abriéndose paso entre grupúsculos irracionales, oscurantistas. La forma sutil, peculiar, rigorista de mirar la realidad de Lichtenberg, que a veces parece ir en contra del sentido común, se ve reflejada en la actitud de los investigadores que he conocido de CMS, LHC-b, TOTEM, LHCf, todos estos experimentos alrededor de la física que explica la naturaleza de la materia.

● Frederic Teubert, veterano cazador de partículas en la trinchera del LHC-b.

Es obvio que ATLAS y ALICE han sido los experimentos campeones de la ciencia extrema desde que el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) se echó a andar, pero cuando uno se sumerge en el mundo de estos otros experimentos se da cuenta de la fineza e ingenio puestos en cada parte. El experimento CMS, por ejemplo, contempla los mismos objetivos científicos que ATLAS, pero tanto su diseño como sus soluciones técnicas son distintas, me explicó Joseph Incandela alguna vez líder del experimento.

Es obvio que ATLAS y ALICE han sido los experimentos campeones de la ciencia extrema desde que el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) se echó a andar, pero cuando uno se sumerge en el mundo de estos otros experimentos se da cuenta de la fineza e ingenio puestos en cada parte. El experimento CMS, por ejemplo, contempla los mismos objetivos científicos que ATLAS, pero tanto su diseño como sus soluciones técnicas son distintas, me explicó Joseph Incandela alguna vez líder del experimento.

Además, la búsqueda de partículas inéditas, desde el bosón de Higgs (descubierto en ATLAS y corroborado por CMS el 4 de julio de 2012) hasta las que podían aparecer mientras más energía y luminosidad se alcanzaba, requería de un árbitro, un espejo, un experimento similar que comprobara lo que se suponía haberse encontrado en ATLAS. Así actuó CMS.

Fui a Cessy, en el lado francés, para descender en el punto 5 y mirar el enorme solenoide superconductor revestido de cables que genera un campo magnético unas cien mil veces mayor al de la Tierra. Al igual que ATLAS, los investigadores de CMS son numerosos (más de dos mil) y provienen de más de 35 países.

Un segundo experimento menos conocido es LHC-b, donde se estudia la apenas perceptible asimetría entre materia y antimateria presente en las interacciones de partículas que contienen el quark b, según me contó Pier Luigi Campana, destacado físico italiano que hoy en día se encuentra entre quienes están decidiendo el rumbo de los futuros aceleradores de partículas.







A diferencia de los otros experimentos, que rodean totalmente el acelerador en el punto de colisión con un detector sellado, LHC-b usa una serie de subdetectores para capturar el rastro de partículas secundarias.

Si bien el primer subdetector se encuentra alrededor del punto de colisión, me aseguró Frederic Teubert, también veterano de este proyecto, los siguientes se hallan dispuestos uno detrás del otro en un espacio de 20 metros. Se trataba de una colaboración más pequeña, con 650 investigadores de quince países, aunque la física que se propone desarrollar en las próximas décadas parece tener un futuro promisorio.

Aún más pequeño es el experimento LHCf, el cual ha tenido como propósito medir las partículas que se produzcan muy cerca en la dirección donde haya choques protón-protón. Aquí se ha probado modelos con objeto de calcular la energía primaria de rayos cósmicos de ultra-alta energía, como los que capta MAGIC en la isla de La Palma. Sus detectores se encuentran instalados a 140 metros del punto de colisión de ATLAS.

El experimento TOTEM (TOTAl Elastic and diffractive cross section Measurement) se ha dedicado a mirar con meticulosidad el protón y las partículas que se produjeron lo más cercano posible de los haces en el LHC. Sus detectores estaban inmersos en cámaras de vacío especialmente diseñadas, llamadas "roman pots", las cuales se conectaron a los tubos de los haces. Ocho de estas cámaras de vacío se encontraban por pares en cuatro puntos cerca de donde se producen los choques de CMS.

Frederic Teubert, con quien también he charlado desde 2007 sobre la evolución del experimento LHC-b, así como de sus propias aspiraciones, me confesó sus temores de que muchos jóvenes vengan con la esperanza de encontrar un campo fértil, pero al enfrentar la competencia implacable desistan. Como quiera que sea, estos experimentos menos espectaculares pondrán a una nueva generación de cazadores a afinar sus estrategias. La fiebre de partículas no ha menguado.



EL NOBEL DE LA DISCORDIA: NACIMIENTO DE LA NEUROCIENCIA MODERNA

MARIO DE LA PIEDRA WALTER

*La gloria, en verdad, no es otra
cosa que un olvido aplazado.*
Santiago Ramón y Cajal

La ciencia, fundamentada en la cooperación, no está exenta de grandes rivalidades. En la mayoría de los casos, esta enemistad - ya sea mediática o personal - surge de la disputa por la primicia de algún descubrimiento. Hasta el día de hoy, por ejemplo, resuenan en la sobremesa de matemáticos e historiadores los nombres de Isaac Newton y Gottfried Leibniz cuando se quiere declarar al padre del cálculo infinitesimal.

En otras ocasiones, como con la teoría de la evolución por selección natural de Charles Darwin y Alfred Wallace, los involucrados comparten el reconocimiento por llegar de forma independiente a la misma conclusión e incluso los lleva a entablar una amistad. Pese a las diferencias y afinidades que puedan existir entre científicos, ningún hombre es una isla y el conocimiento científico sólo puede avanzar a través de la contribución de distintas mentes. El mismo Newton comentó en una carta a Robert Hooke, otro de sus rivales intelectuales: "si he visto más lejos, es por estar de pie sobre hombros de gigantes"¹, reconociendo su labor en el campo de la óptica.

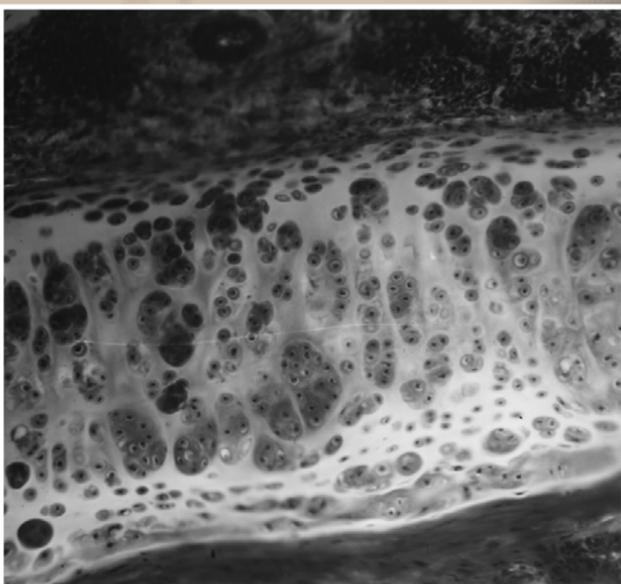
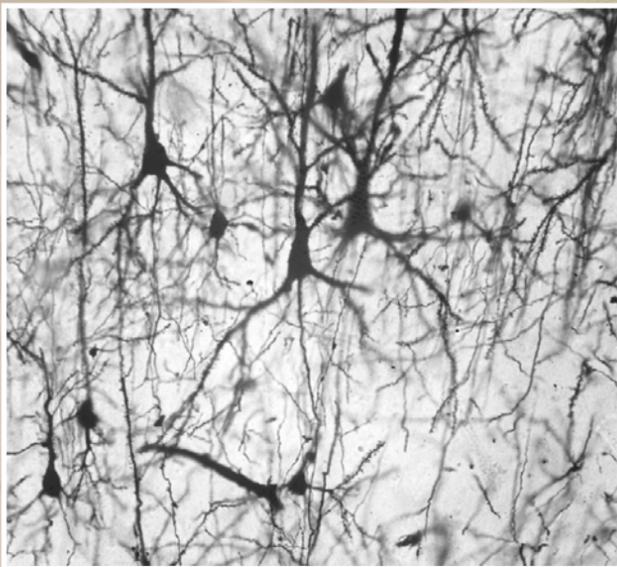
Robert Hooke, a mediados del siglo XVII, colocó una laminilla de corcho bajo su incipiente microscopio y observó pequeñas celdillas poliédricas similares a las de un panal de abeja a las que llamó “células”. Se cree, sin embargo, que fue Antonie van Leeuwenhoek la primera persona en observar microorganismos vivos o “animáculos” con su ingenioso microscopio que cabía en un bolsillo, convirtiéndose así en el “padre de la microbiología”.

Fue hasta el siglo XIX, con la mejora de los microscopios y métodos de tinción, que la teoría celular se consolidó: la idea –en ese entonces revolucionaria– de que todas las funciones vitales se llevan a cabo dentro de las células y que el organismo, en su totalidad, es la suma de sus actividades e interacciones. Es decir, que la célula es la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos.²

La estructura del cerebro, sin embargo, seguía siendo una incógnita. Por alguna razón, ninguna técnica lograba teñir las neuronas lo suficiente para ser identificadas. En 1873 un brillante médico italiano, Camillo Golgi, introdujo un novedoso método de tinción a base de cromato de plata.

“El sabio de Pavía”, como se refirió a él su gran adversario, descubrió que, al precipitarse el cromato de plata, las estructuras de las neuronas se pigmentaban al azar. Contra un fondo amarillo, era posible diferenciar las neuronas del resto del tejido. Con su *reazione nera* (reacción negra), Golgi abrió el candado para “penetrar los secretos del tejido nervioso, el más noble y misterioso”.³

A pesar de este gran avance, la maraña de plata continuaba siendo un enigma. Golgi observó una enramada de axones y dendritas que se abrían paso por varias capas de tejido a la que llamó *reticulum*, e intuyó que el cerebro se componía de una “red neuronal difusa” y no de células independientes. Casi una década más tarde, un médico con alma de artista desafiaría – utilizando la misma técnica – la teoría reticular de Golgi.



● Imágenes originales de <https://webpre.cajal.csic.es/legado.html>.





Santiago Ramón y Cajal nació en España en 1852 y desde niño dibujaba compulsivamente todo lo que le rodeaba. Su intención era estudiar arte hasta que su padre, cirujano y profesor de anatomía, lo llevó a una de sus clases en la Universidad de Zaragoza. Fascinado por el cuerpo humano, Ramón y Cajal dibujó con fervor cada estructura que su padre develaba con el escalpelo.

Estudió la carrera de medicina y al terminar montó un pequeño laboratorio en el cuarto de huéspedes de su casa con poco más que un microscopio, papel y lápices.⁴ A finales del mismo siglo, Ramón y Cajal se enteró de las técnicas de tinción de Golgi y enfocó su trabajo exclusivamente al cerebro. A través del método de “doble impregnación”, perfeccionó la técnica de Golgi hasta obtener un pigmento mucho más penetrante.

Obsesionado, realizó con un detalle micrométrico más de 3,000 ilustraciones sobre las estructuras del sistema nervioso. Sin dejarse engañar por la telaraña de plata, encontró orden en el caos de axones y dendritas. Al estudiar el bulbo olfatorio, un segmento en la parte frontal del cerebro que procesa el olor, Ramón y Cajal observó que las dendritas se orientaban hacia el exterior mientras que los axones se alineaban hacia estructuras nerviosas más profundas.

Propuso que esta disposición determinaba la trayectoria de los impulsos eléctricos, desde las dendritas al cuerpo neuronal y hacia los axones, y le llamó la ley de la polarización dinámica. Con el apoyo de una técnica de tinción más fina y sus cientos de esquemas, argumentó que cada dendrita y cada axón terminaba libremente, y que los impulsos se transmitían a través de una brecha (más tarde llamadas *sinapsis*) “de la misma forma como una corriente eléctrica cruza un espacio entre dos alambres”.

Con su particular sentido artístico escribió que “los besos protoplasmáticos” mediaban la comunicación entre las células neuronales, “el éxtasis final de una historia épica de amor”.



NEUROGLIA GRO.

Ganglios simpáticos

Medula epéndimo

● Imágenes originales de <https://webpre.cajal.csic.es/legado.html>

Santiago Ramón y Cajal nació en España en 1852 y desde niño dibujaba compulsivamente todo lo que le rodeaba. Su intención era estudiar arte hasta que su padre, cirujano y profesor de anatomía, lo llevó a una de sus clases en la Universidad de Zaragoza. Fascinado por el cuerpo humano, Ramón y Cajal dibujó con fervor cada estructura que su padre develaba con el escalpelo.

La teoría neuronal desarrollada por Ramón y Cajal, la idea de que las neuronas son la estructura básica y funcional del sistema nervioso, significó el nacimiento de las neurociencias modernas. En 1889 le escribió una carta a Golgi, que para ese entonces había abandonado el sistema nervioso central y estaba concentrado en las enfermedades infecciosas, donde expuso sus hallazgos.

Golgi no mostró mayor interés en él y defendió hasta su última exhalación la teoría reticular. En 1906, las dos figuras antagónicas compartieron el máximo galardón de la ciencia por sus aportaciones en el estudio del cerebro.

Pese a que sus trabajos estaban íntimamente ligados, sus conclusiones eran diametralmente opuestas. A tal grado que Ramón y Cajal escribió en sus memorias: "¡Cruel ironía de la suerte, emparejar, a modo de hermanos siameses unidos por la espalda, a adversarios científicos de tan antitético carácter!"⁵



Conforme la teoría neuronal fue ganando terreno, Golgi se mostró más ominoso contra su adversario. Aprovechó cada conferencia para desestimar las observaciones de Ramón y Cajal, pero el trabajo de más y más científicos - que utilizaban la técnica creada por Golgi - sólo confirmaban la teoría. Con amarga ironía, su propia técnica se había vuelto en su contra.

Ramón y Cajal no dudó en defenderse, tildó a Golgi de obstinado y lo acusó de oponerse al avance de la ciencia. "Sería muy conveniente, y muy económico, que las células nerviosas formaran una red continua. Desgraciadamente, la naturaleza parece ignorar nuestra necesidad intelectual por conveniencia y unidad, y se deleita muchas veces con lo complicado y lo diverso", comentó con firmeza durante un congreso.

Aunque ambos científicos gozaron de gran prestigio, el aura de Golgi - en parte por su renuencia a los cambios de paradigma - perdió brillo hacia el final de su carrera. Al momento de su muerte en 1926 no había quién apoyara su teoría. Ramón y Cajal, por otro lado, se catapultó como uno de los científicos más célebres del siglo XX, se llenó de premios y reconocimientos al grado que hoy se le considera como "el padre de las neurociencias".

Fue hasta la década de 1950 que, con el invento del microscopio electrónico, su teoría sobre las conexiones del cerebro pudo ser comprobada sin posibilidad de refutaciones. Sus dibujos, trazados más de cincuenta años antes, no estaban equivocados: las neuronas son células independientes conectadas a través de sinapsis.

Le debemos tanto a Golgi como a Ramón y Cajal la llave para estudiar el cerebro humano. Armados de microscopios semirrudimentarios y una gran pasión, ambos científicos vieron más allá - aunque no siempre la misma cosa - gracias a la colaboración entre ellos y muchos otros. Es sobre sus hombros de gigantes donde hoy nos apoyamos con la esperanza de ver un poco más allá.



REFERENCIAS

1 Turnbull, HW. (1959) *The Correspondence of Isaac Newton: 1661-1675*, Vol 1. London, UK. Royal Society at the University Press. P. 416
 2 "Teoría celular". *Diccionario Médico*. Clínica Universidad de Navarra. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/teoria-celular>
 3 Seal B. (2023) "A Cold Day in Stockholm". *Distillations Magazine*. Science History Institute Museum Library. Disponible en: <https://www.sciencehistory.org/stories/magazine/a-cold-day-in-stockholm/>
 4 Velasco E. (2017) "Ramón y Cajal. El Nobel que tenía alma de artista". *La Vanguardia*. Ciencia y Cultura
 5 Ramón y Cajal, S. *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*. Capítulo XXII. Disponible en: https://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal_recuerdos/recuerdos/labor_22.htm

● Imagen original de <https://webpre.cajal.csic.es/legado.html>

***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.

**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
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 VILLOORO
 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.



EN PORTADA:
 Celebración de una brillante trayectoria en la vanguardia de las neurociencias.

Mercurio  Volante
 SUPLEMENTO DE
hipócritalector