

RECREANDO  
LO INVISIBLE

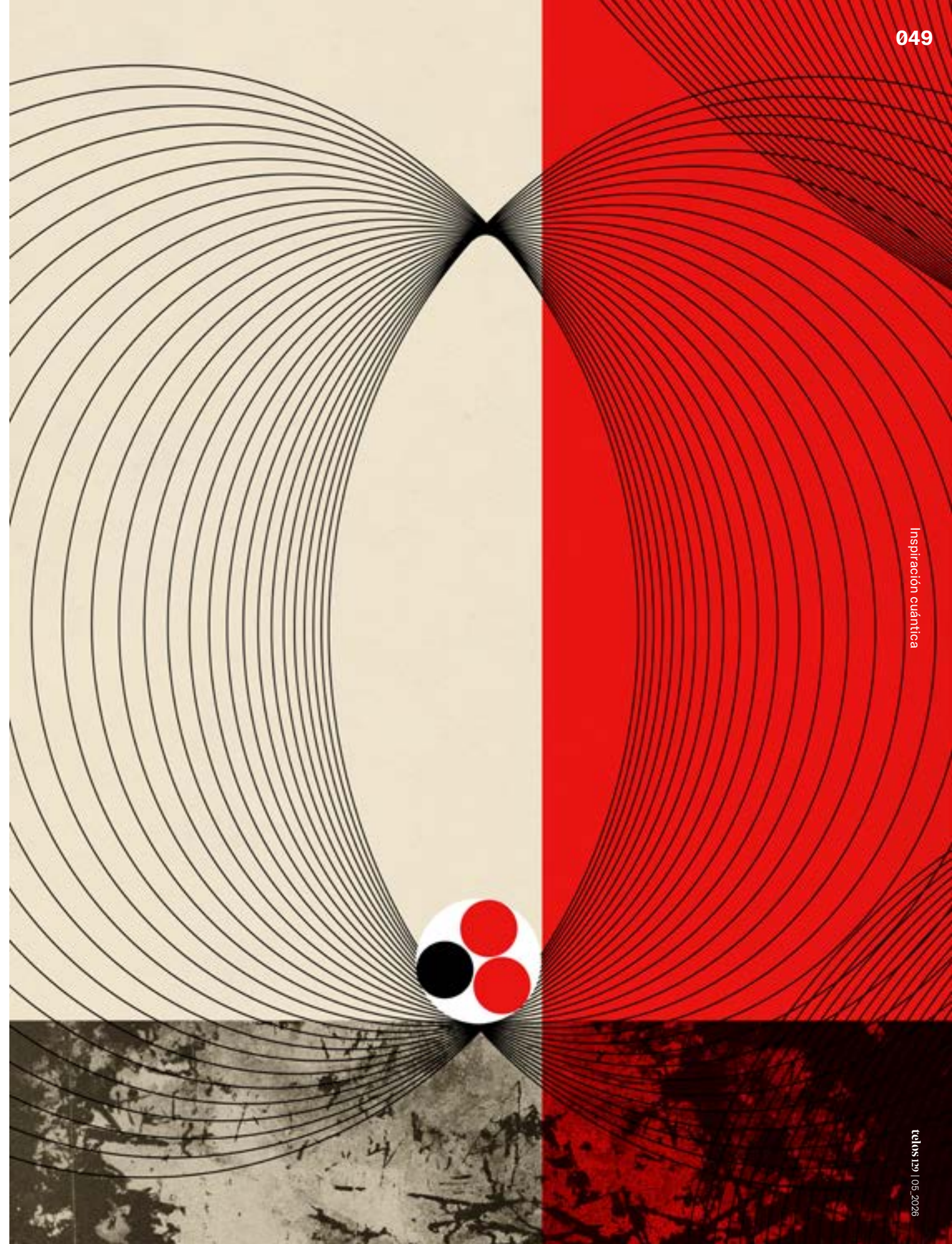
# GUÍA VISUAL DE LAS PARTÍCULAS ELEMENTALES

Conocemos su naturaleza, sus características, su comportamiento y hasta su “sabor”, pero, ¿qué aspecto tienen las entidades más pequeñas que constituyen la materia? Bajo esta premisa, reunimos al físico Jesús Puerta y al artista Raúl Arias para que, el uno transmitiendo sus conocimientos y el otro materializando visualmente lo aprendido, obtengamos una representación cuyo resultado es tan evocador como espectacular.

TEXTO: **JESÚS PUERTA** ILUSTRACIONES: **RAÚL ARIAS** COORDINACIÓN: **FITA MORALES**

Mira a tu alrededor. Aunque no los veas, todo a tu alrededor contiene protones, los ladrillos fundamentales de la materia que observamos. Son la esencia de los materiales. Su abundancia en el núcleo atómico define las propiedades de los distintos elementos químicos y materiales que nos rodean. No es una partícula elemental, sino que está formada por otras tres partículas puntuales llamadas quarks, inmersas en un entramado de partículas virtuales que aparecen y desaparecen. Fue postulada por Goldstein en 1886 cuando, al “romper” los átomos, vio que sus fragmentos más pesados se desviaban en un campo eléctrico, indicando que los núcleos estaban formados por entes de carga positiva. Ernest Rutherford, en 1917, presentó su observación definitiva. Su interior aloja una complejidad difícil de concebir: los secretos de la física nuclear, tanto los ya descubiertos como los que aún quedan por desvelar.

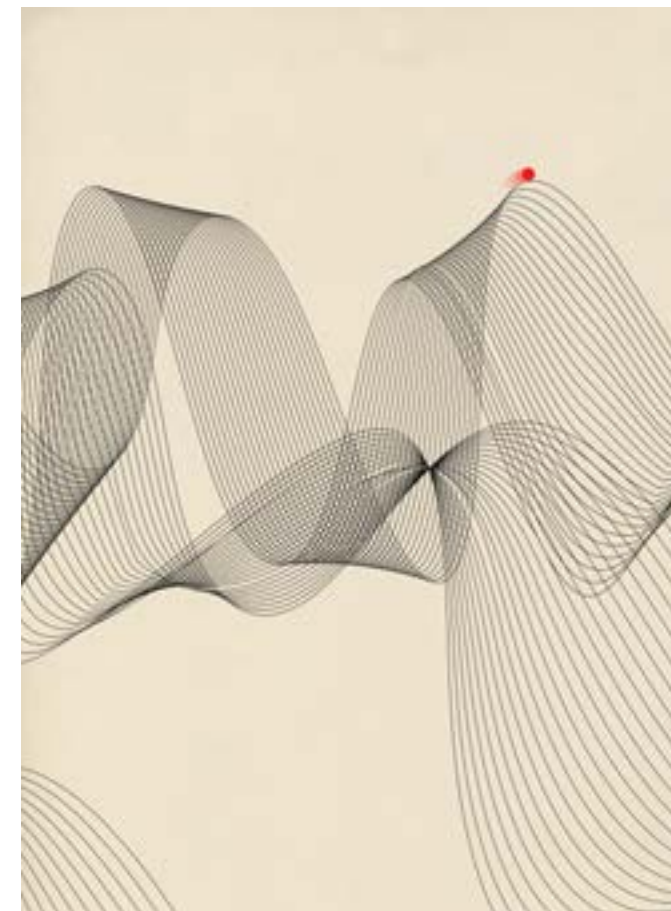
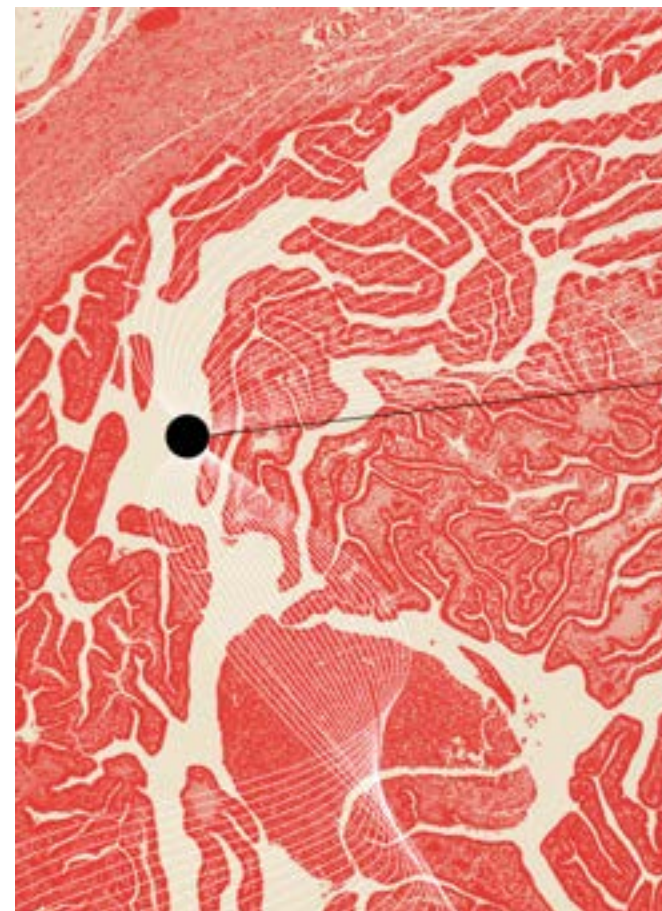
## PROTÓN



## ELECTRÓN

Los átomos, y por extensión la materia que conocemos, no existirían sin el pequeño socio del protón: el electrón.

Como minúsculos mosquitos que orbitan alrededor de los núcleos atómicos, los electrones convierten el átomo en un ente de carga eléctrica neutra. Además de formar la fina piel de los átomos, están omnipresentes en nuestro día a día ya que son la sangre que mueve nuestra tecnología. Los electrones en movimiento son la corriente eléctrica que alimenta nuestros aparatos, nuestras neuronas y nuestros enlaces químicos. Si los protones son los ladrillos de la materia, los electrones son el cemento que todo lo rellena. Fueron descubiertos en 1897 por Joseph J. Thomson, lo que los convierte en la partícula elemental más antigua de nuestro Modelo Estándar actual.



## MUON

La partícula que dio un susto a los físicos. En 1932, todo parecía encajar, con protones, neutrones y electrones formando la materia. La aparición de una partícula igual que el electrón, pero 200 veces más pesada, comenzó a agitar las curiosidades, provocando que el Nobel Isaac Rabi exclamara: “¿Quién ha pedido esto?”. Su descubrimiento abrió la puerta al zoológico de partículas subatómicas que hoy explicamos mediante el Modelo Estándar. Forman parte de nuestro entorno, ya que se crean cuando partículas muy energéticas que viajan por el cosmos chocan contra la atmósfera y generan una cascada de muones que lueven sobre nosotros, como mensajeros silenciosos del universo profundo, permitiéndonos incluso “radiografiar” pirámides o volcanes. En este preciso instante, estamos siendo atravesados por cientos de muones sin que nuestro cuerpo apenas lo note.

A las imágenes digitales se añadieron materiales escaneados de origen microscópico.

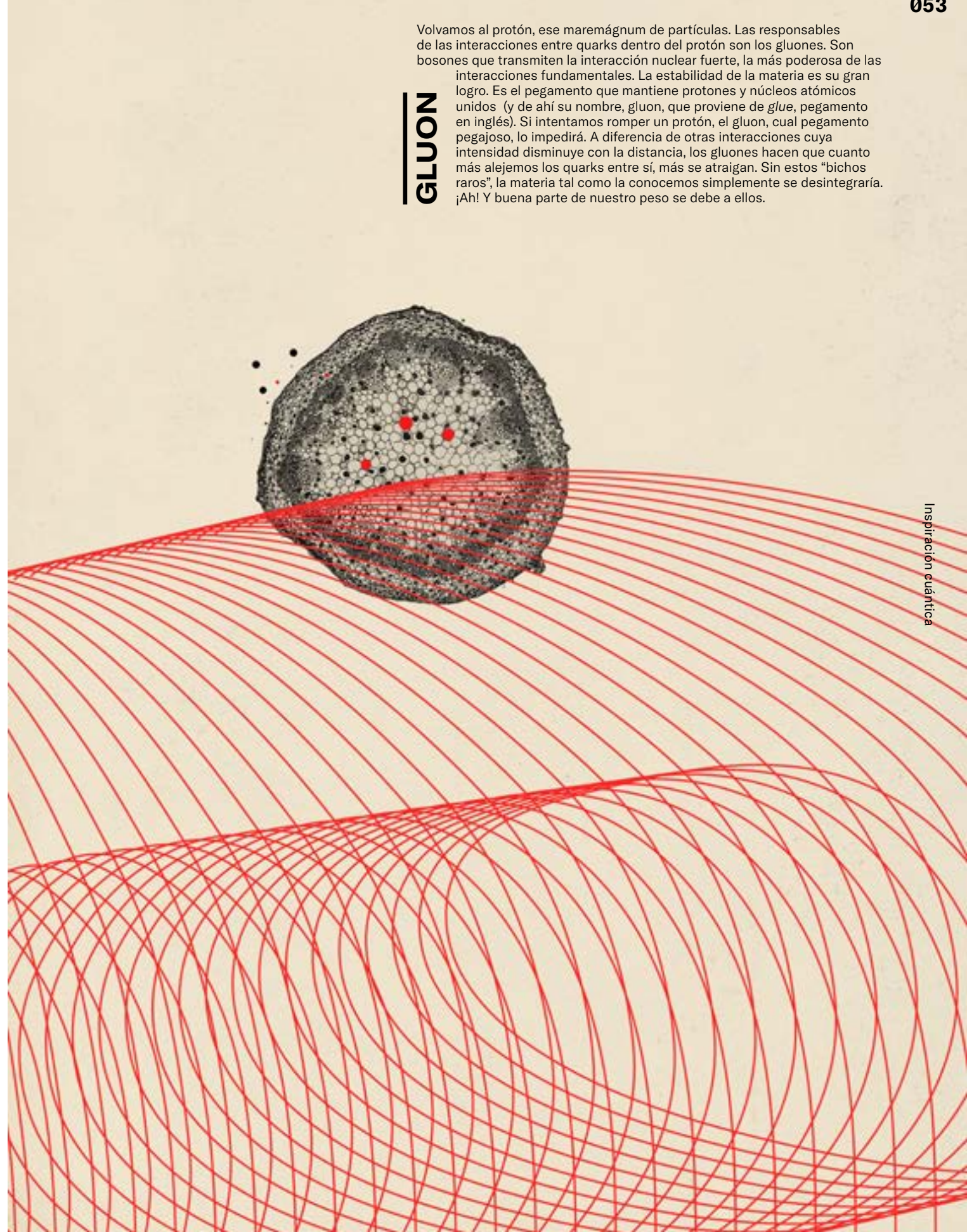
**“Como persona ajena al campo científico, no intenté comprender las ecuaciones, sino el tipo de pensamiento que las hace posibles”**

**Raúl Arias**

## NEUTRINOS

Llegamos a una familia de partículas fascinante: los esquivos y misteriosos neutrinos, cariñosamente apodados como “partículas fantasma”. Asociadas y complementarias de los leptones cargados, como el electrón y el muon, se producen a raudales en determinados procesos nucleares. Sin embargo, su interacción con la materia es tan débil que solo sabemos de su existencia gracias a las leyes de conservación. Medir el rastro de un neutrino es una tarea colosal que requiere de enormes detectores especializados. Trillones de neutrinos atraviesan la Tierra cada segundo sin ser perturbados.

A diferencia de lo que predice el Modelo Estándar, los neutrinos tienen masa, aunque es tan ínfima que aún no hemos podido medir su valor exacto. Su característica más desconcertante es la oscilación de sabor: la capacidad de transformarse entre tres tipos (electrónico, muónico y tauónico) mientras viajan por el espacio. Esta fluidez de identidad los convierte en uno de los mayores enigmas de la física actual.



**GLUON**

Volvamos al protón, ese maremágnum de partículas. Las responsables de las interacciones entre quarks dentro del protón son los gluones. Son bosones que transmiten la interacción nuclear fuerte, la más poderosa de las interacciones fundamentales. La estabilidad de la materia es su gran logro. Es el pegamento que mantiene protones y núcleos atómicos unidos (y de ahí su nombre, *gluon*, que proviene de *glue*, pegamento en inglés). Si intentamos romper un protón, el gluon, cual pegamento pegajoso, lo impedirá. A diferencia de otras interacciones cuya intensidad disminuye con la distancia, los gluones hacen que cuanto más alejemos los quarks entre sí, más se atraigan. Sin estos "bichos raros", la materia tal como la conocemos simplemente se desintegraría. ¡Ah! Y buena parte de nuestro peso se debe a ellos.

Inspiración cuántica

## HIGGS

Es la partícula más mediática de la historia y la última pieza elemental en sumarse al club tras una persecución de 40 años que culminó en los experimentos del Gran Colisionador de Hadrones en el CERN. Su descubrimiento en 2012 fue tan épico que le valió el Nobel a Peter Higgs y François Englert al año siguiente. Supuso el colofón del Modelo Estándar actual de la física, probando la existencia del campo de Higgs, una especie de melaza invisible que permea todo el cosmos. Las partículas que interactúan con este campo ganan inercia o, lo que es lo mismo, adquieren masa. Sin esta "masilla" cuántica, las partículas vagarían a la velocidad de la luz. Y nosotros no seríamos más que energía dispersa sin forma física.

**“Cuánticamente, cada partícula se describe por una ecuación que es una función de onda, una suerte de representación gráfica. Aquí hemos ido más allá”**

**Jesús Puerta Pelayo**

El fotón es el favorito de Raúl Arias “por su condición de mediador”.

postuló que la luz estaba compuesta por paquetes de energía con los que explicó el efecto fotoeléctrico. Los primeros fotones proporcionan el primer retrato del universo en forma de radiación de fondo de microondas.

## FOTÓN

Hay partículas que no sirven para construir materia, sino para definir cómo otras partículas se relacionan entre sí. Estas partículas mensajeras se llaman bosones. El más familiar de los bosones es el fotón, responsable de la interacción electromagnética. Esto es, la luz visible, la radiación infrarroja, la ultravioleta, las ondas de radio, las microondas... Distintas longitudes de onda, distintos fenómenos, pero la misma partícula. El fotón es una partícula cuántica por antonomasia, no tiene masa y se comporta como una onda. Algo inconcebible para nuestras mentes clásicas. Su descubrimiento en 1905 se atribuye a Einstein, quien

Las WIMP (*Weakly Interacting Massive Particles*) son el nombre que le damos a nuestro propio desconocimiento. Aunque no sabemos aún si existen o no, son los principales candidatos para resolver el enigma de la materia oscura. De existir, serían partículas exóticas que nos rodean constantemente, pero que solo se comunican con el resto del universo a través de la gravedad y la interacción nuclear débil. Llevamos décadas buscándolos en experimentos de alta precisión y, aunque todavía no hemos "cazado" ninguno, el esfuerzo no ha sido en vano: cada intento fallido nos dice con total claridad cómo NO son. Son el recordatorio de que gran parte del cosmos sigue siendo un territorio inexplorado que ejerce una fuerza gravitatoria real, pero que se niega a brillar ante nuestros detectores.

## WIMP

### UN DIÁLOGO ENTRE EL ARTE Y LA CIENCIA ILUSTRADOR Y FÍSICO REFLEXIONAN SOBRE EL PROCESO DE PLASMAR LO QUE NO SE VE.

■ **Para ser sincero, sentí miedo.** No tanto por la dificultad técnica, sino por el tipo de realidad que enfrentaba, ajena al ámbito de la experiencia sensible. Como dibujante, estoy acostumbrado a interpretar lo visible; aquí se trataba de traducir algo que no puede observarse. El reto no era representar formas, sino construir equivalentes visuales de conceptos.

■ **A mí me entusiasmó.** Describimos las partículas desde el punto de vista de su comportamiento y composición, nunca por su aspecto, concepto que no tiene sentido plantearse en un objeto cuántico. De ahí el interés: se han plasmado objetos que no pueden ser dibujados. Es como dibujar un sentimiento, pero a la vez son entes físicos reales.

■ **TELOS entiende la cultura visual como pensamiento,** no solo como ornamento. Me interesó esa exigencia: trabajar en un territorio donde la imagen funciona como herramienta de conocimiento. Aquí la figuración deja de ser útil. Necesitaba un lenguaje que no describiera apariencias, sino estructuras, caracteres y comportamientos. La abstracción permite precisamente eso: no imita, organiza.

■ **Raúl, además de un gran artista, es una persona con muchísima curiosidad,** y la predisposición a encontrar un punto común para buscar el equilibrio entre la faceta más artística y el rigor científico fue total. Ha sido un lujo colaborar con él.

■ **El encuentro con Jesús me hizo entender que la física y el arte comparten algo esencial:** trabajan desde la imaginación. El científico construye modelos matemáticos para pensar lo real; el artista construye modelos visuales para percibirlo. Lo interesante no fue solo recibir información,

|                 | I  | II  | III                                       |                                 |
|-----------------|--|---|---|---------------------------------|
| masa            | 2,4 MeV                                      | 1,27 GeV                                  | 171,2 GeV                                 | 0                               |
| carga           | $\frac{2}{3}$                                | $\frac{2}{3}$                             | $\frac{2}{3}$                             | 0                               |
| espín           | $\frac{1}{2}$                                | $\frac{1}{2}$                             | $\frac{1}{2}$                             | 1                               |
| nombre          | arriba                                       | encanto                                   | cima                                      | <b>γ</b><br>fotón               |
| <b>PROTÓN</b>   | 4,8 MeV<br>$\frac{2}{3}$<br>$\frac{1}{2}$    | 104 MeV<br>$\frac{2}{3}$<br>$\frac{1}{2}$ | 4,2 GeV<br>$\frac{2}{3}$<br>$\frac{1}{2}$ | 0<br>0<br>1                     |
|                 | <b>d</b><br>abajo                            | <b>s</b><br>extraño                       | <b>b</b><br>fondo                         | <b>g</b><br>gluón               |
| <b>NEUTRINO</b> | <2,2 eV<br>0<br>$\frac{1}{2}$                | <0,17 MeV<br>0<br>$\frac{1}{2}$           | <15,5 MeV<br>0<br>$\frac{1}{2}$           | <91,2 GeV<br>0<br>1             |
|                 | <b>ν<sub>e</sub></b><br>neutrino electrónico | <b>ν<sub>μ</sub></b><br>neutrino muónico  | <b>ν<sub>τ</sub></b><br>neutrino tauónico | <b>Z<sup>0</sup></b><br>bosón Z |
| <b>ELECTRÓN</b> | 0,511 MeV<br>-1<br>$\frac{1}{2}$             | 105,7 MeV<br>-1<br>$\frac{1}{2}$          | 1,777 GeV<br>-1<br>$\frac{1}{2}$          | 80,4 GeV<br>±1<br>1             |
|                 | <b>e</b><br>electrón                         | <b>μ</b><br>muón                          | <b>τ</b><br>tauón                         | <b>W<sup>±</sup></b><br>bosón W |
|                 |  |   |   | <b>WIMP (DM)</b>                |

MUON
Quarks
Leptones
Bosones de gauge

**MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS**  
Con medio siglo cumplido, es un hito fundamental en la historia de la ciencia: refleja cómo las partículas fundamentales interactúan y qué fuerzas las mantienen unidas. Como señaló Glenn Starkman en *The Conversation*: "Modelo Estándar. Qué nombre tan aburrido para la teoría científica más precisa conocida por el ser humano. Como físico teórico, preferiría llamarlo La Teoría Absolutamente Asombrosa Para Casi Todo. Eso es lo que realmente es".



Jesús Puerta (izquierda) y Raúl Arias, durante su encuentro.

sino comprender cómo se imagina científicamente aquello que no puede verse. Tengo la sensación de haber construido un lenguaje adecuado al problema. Más que satisfecho con las imágenes, estoy conforme con el proceso de pensamiento que las hizo posibles.

■ **El resultado es para enmarcar. Literalmente.** Voy a decorar las paredes de mi despacho con estas imágenes. No puedo decir que lo imaginaba así, pero al verlas reconocí muchísimas características de cada una de las partículas que salieron en nuestra conversación. Como científico, me parece impresionante que haya podido plasmarlas así y hacer que se identifiquen.

■ **Me interesaba que la traducción visual fuera intelectualmente honesta.** No pretendía ilustrar la ciencia, sino dialogar con ella. La validación científica no consiste en reconocer formas, sino en reconocer coherencias. Si el modelo visual respeta la lógica del fenómeno, entonces la comunicación funciona. ■