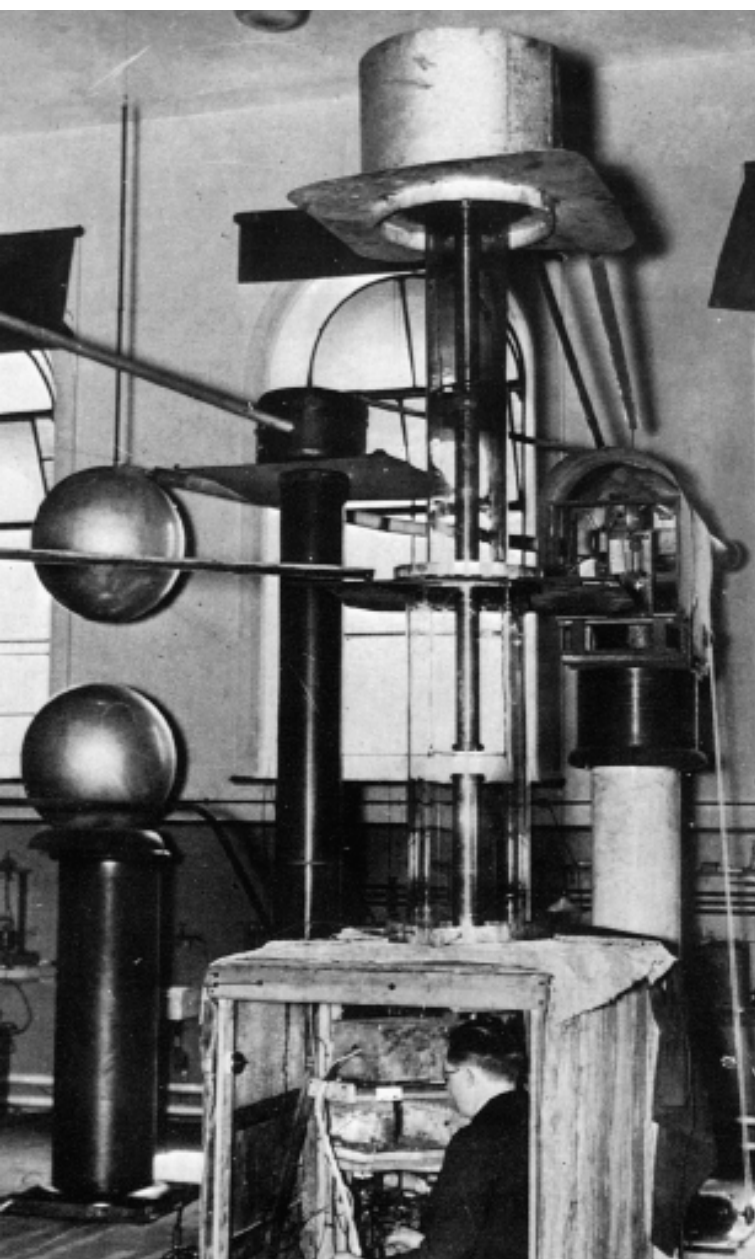


# El átomo un ente borroso



Estamos tan acostumbrados a escuchar y hablar de los átomos, que acabamos reflexionando poco sobre el proceso que llevó confirmar su existencia y construir una imagen de ellos, más allá de la especulación filosófica. La teoría atómica es la columna vertebral de la física, como la teoría de la evolución lo es de la biología. Richard Feynman (1918-1988), un físico inolvidable, decía que si le pidieran conservar una sola oración de toda la física conocida, escogería "existen los átomos". El paralelo en la biología es "existe la evolución". En ambos casos existe —además— una teoría, que paulatinamente vamos mejorando, pero está el incontrovertible *hecho* en cada caso.

¿De qué estamos hechos? De átomos, es la respuesta simple; un niño puede preguntar entonces qué son los átomos y cerramos el ciclo diciendo que es de lo que están hechas todas las cosas. Ampliando más, con el riesgo de perder la atención del interlocutor, aclaramos que, hasta donde sabemos, en el universo sólo hay

92 tipos de átomos o elementos distintos; casi veinte más han sido creados en laboratorios especializados del mundo y no parecen existir en el resto del universo. Lo sorprendente es que toda la materia está hecha de esos bloques básicos. Cómo son, cuántos y cómo se combinan para dar pie a la vastísima diversidad que observamos en todos lados, son algunas de las preguntas que se antoja responder, y que plantean un reto para el resto de la historia. Es decir, explicar cómo estos átomos constituyentes pueden dar lugar a un material cerámico aislante, a un pensamiento noble, a una flor, o a los nenúfares de Monet.

Es fascinante el problema de explicar la conciencia o la vida sabiendo que hay átomos y sólo eso. La tarea es inacabable por su complejidad, pero los beneficios del éxito son tales, que bien vale la pena intentarlo. El esfuerzo científico ha producido una faceta prometidora de la civilización moderna, y basta ver nuestro entorno y cuánto más cómoda



es ahora la vida cotidiana, comparada con lo que era hace cien años o hace mil. Por supuesto que el disparate desarrollo social (global), a la zaga, muestra la cara más lamentable de lo que hacemos.

Cada quien tiene una imagen de lo que es un átomo, pero... ¿cuál es la correcta?

Hace un siglo, en febrero de 1911, Ernest Rutherford, explorando el átomo, dio a conocer sus resultados experimentales —por los que recibió el premio Nobel— y los interpretó por medio de un modelo “planetario” propuesto en 1904 por Hintoirō Nagaoka. Así, los imaginaron formados por electrones (e) que se mueven

circundando al núcleo, y que en éste se hallaba concentrada la carga positiva y la mayor parte de la masa. Hoy sabemos que en el núcleo hay protones (p) y neutrones (n); los últimos son eléctricamente neutros, de ahí su nombre, y los otros tienen carga negativa (e) o positiva (p). La excepción es el hidrógeno, el más sencillo de los átomos, que tiene un electrón y su núcleo consiste en un protón. Hasta aquí parecería que cada átomo es una versión pequeña del sistema solar. Este último es mucho mayor que nosotros, y mide miles de millones de veces el tamaño de un zapato. Los átomos en cambio, “sólo” miden milmillonésimas de zapato. No hay remedio, somos antropocéntricos.

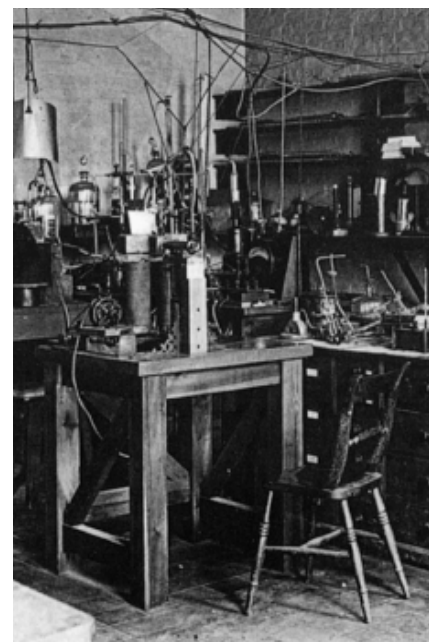
El tamaño de sus constituyentes  $-e, p$  y  $n-$  es tema delicado; asignarles un tamaño abre problemas que tocan las fibras íntimas de la física. La estrategia es no aludir al tamaño y modificar el lenguaje que se usa para describirlos, empezando a borrarse la “nítida” imagen que podríamos formar. Hay dos razones para esto. La primera es que dichos entes no son algo tan simple como partículas o “bolitas”, aunque a veces se comportan como si lo fueran; en otras circunstan-

cias exhiben claramente una naturaleza difusa y extendida, y les llamamos onda-partículas, en forma intencionalmente confusa. La segunda es que los experimentos realizados hasta la fecha permiten, a lo más, determinar la frecuencia con que tales entes se hacen presentes, emiten luz, colisionan, se mueven, etcétera. Es decir, no repiten su comportamiento, y nos obligan a introducir las herramientas de la probabilidad y la estadística, que parecen ser las más adecuadas para el comportamiento atómico o “cuántico”. Entonces, se habla del valor más probable o esperado de la posición, de la energía o de la velocidad (en la práctica hablamos del “momento”, refiriéndonos a algo que se parece al producto de la velocidad y la masa), aceptando que en esa escala no hay una respuesta unívoca o determinista, no hay una “precisión absoluta”. Otras propiedades mantienen su certidumbre, como la masa, la carga y otras características propias de dichas entidades borrosas.

La diferencia de escalas espaciales es sólo el principio del problema —si hemos de llamar problema a la ausencia de una imagen humanamente cómoda o intuitivamente simple. Otras escalas también son

difíciles de imaginar, como la masa, la que miden las balanzas, que también exceden nuestra experiencia. Mientras el Sol tiene poco más de  $10^{30}$  kg, el electrón tiene poco menos de  $10^{-30}$  kg (recuérdese, por ejemplo, que  $10^4 = 10\,000$  y  $10^{-3} = 1/1\,000$ ). En las escalas temporales las cosas no mejoran nada. Si uno se pregunta “¿cuántas “vueltas” le da un electrón al núcleo cada segundo?”, una estimación es que lo hace  $10^{10}$  veces y que no se puede detener, bajo ninguna circunstancia posible.

Así, los átomos son objetos reales, pequeñísimos, que todo lo forman al combinarse en distintas proporciones que



conocemos muy bien; también, hemos logrado explorar sus fueros íntimos, aprendiendo de qué están formados, qué los mantiene estables y de dónde vienen.

Porque lo vemos y lo medimos, sabemos que muy lejos de nuestro sistema solar la gran mayoría de los átomos (92.3%) es de hidrógeno, y que de helio hay sólo 7.7%, la composición primordial. En el medio interestelar de la vecindad solar, también por número de átomos las proporciones son de 90.8% de hidrógeno, 9.1% de helio y 0.1% de los demás átomos de la tabla periódica. La diferencia viene del enriquecimiento local resultante de los procesos de explosiones estelares, principalmente de supernovas, que dispersan los productos de las reacciones nucleares que ocurren en el interior de las estrellas; es ahí donde se transmuta hidrógeno en helio y luego en átomos más pesados. Todo lo que vemos en la Tierra, en nuestro derre-

tor, es literalmente polvo de estrellas. La tasa de producción de helio, por decirlo así, es de  $10^{38}$  átomos por segundo; el Sol lo ha hecho durante los últimos 4 000 millones de años, y lo seguirá haciendo unos miles de millones más, hasta agotar su hidrógeno. En la Tierra, formada hace unos 4 500 millones de años, el último tercio de la edad del universo, las proporciones son distintas al haberse ido los átomos más ligeros y más rápidos, el hidrógeno y el helio.

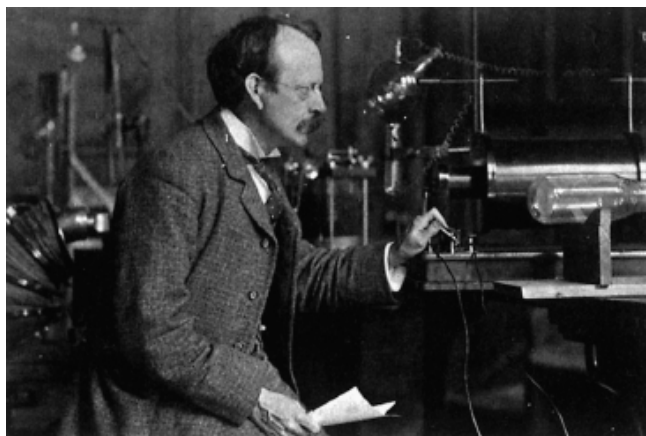
Según el modelo estándar de cosmología, en algo así como en los tres minutos que siguieron a la gran explosión que originó el universo se produjeron los primeros núcleos atómicos; para cuando el universo había envejecido unos 300 000 años, los protones

y los electrones se combinaron para formar los primeros hidrógenos neutros, permitiendo que los fotones empezaran a viajar libremente, es la radiación cósmica de fondo, de microondas, que observamos!

La evidencia obtenida de muy diversos experimentos hace pensar que las onda-partículas que forman el átomo, y el átomo mismo, no pueden ser descritos con el mismo lenguaje que hemos ido construyendo a lo largo de la historia para describirnos, para referirnos a los objetos que nos rodean, estrictamente por medio de los sentidos o para aludir a nuestras emociones, imaginaciones y esperanzas, algunas muy abstractas, como la escatología cristiana, la metempsicosis budista o la metamatemática de Gödel.

Esos átomos que todo lo forman son difíciles de asimilar porque nos empeñamos en darles una cara, como a las peras, en asignarles un comportamiento, como a los erizos de mar, y en forzar sus peculiares propiedades a parecerse a los modelos de armar con los que juegan los químicos y los biólogos moleculares... y los físicos.

No pueden tomarse literales, ni muy en serio, pero qué útiles y sugerentes son. Hacernos una imagen es cosa de imaginación. Hay que contrastarla continuamente con lo que medimos, observamos y registramos, siempre de manera indirecta, para ir afinando, siempre un poco más. El milagro es ir haciendo comprensible el mundo, con nuestro limitado pero extraordinario aparato cerebral, cuyo origen empezamos a entender que, en su delicado y natural proceso evolutivo, rebasa los cándidos e inverosímiles portentos religiosos. 🐛



**Ramón Peralta y Fabi**  
Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

#### IMÁGENES

P. 52: Rompe-átomos improvisado. P. 53: Laboratorio Cavendish, Universidad de Cambridge, Inglaterra, finales del siglo xix. P. 54: J. J. Thomson junto a la máquina con la que descubrió el electrón en 1897.