

# Los átomos existen

Por Patricia Linn\*

**La materia está hecha de átomos, los átomos están hechos de electrones, protones y neutrones. Los dos últimos están hechos de quarks. Existen, además, un montón de otras partículas adicionales, muones, neutrinos, taus, gluones y más, la subdivisión continúa.**

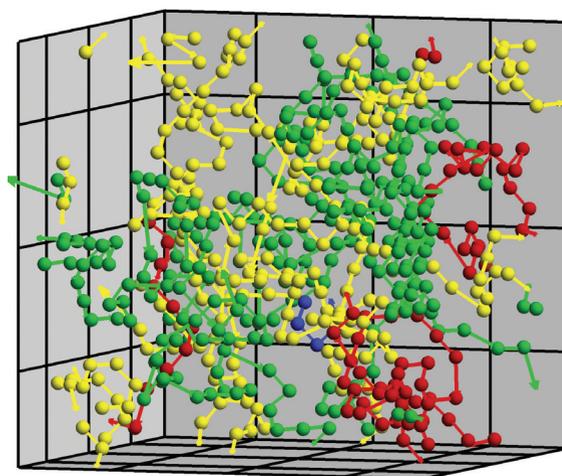
¿Cómo lo saben, si no pueden verse? dicen los estudiantes, y todos aquéllos que se preguntan sobre la teoría atómica de la materia.

Todos los científicos lo saben (que la materia está hecha de átomos), y sin dudarlo, de la misma manera que se saben muchas cosas sin necesidad de verlas: por las evidencias. Pero no sólo por éstas, es necesaria también una teoría que explique muy bien todas estas evidencias, y que además sea capaz de predecir la existencia de nuevos fenómenos que luego se constaten.

Fue Albert Einstein quien en el año 1905 proveyó la teoría que explica las evidencias en función de la existencia de los átomos. En realidad le dio un toque final a una teoría que se venía gestando desde hacía un tiempo. Fue él también quien sugirió un método para que los experimentalistas la confirmen. El científico que lo logró primero fue Jean Perrin, un físico francés, que en 1909 condujo los experimentos sugeridos por Einstein exitosamente, verificando así sus modelos matemáticos. Los trabajos de Perrin (que le valieron el premio Nobel en 1926) terminaron definitivamente con la disputa sobre la realidad de los átomos, disputa que había enfrentado a muchos científicos a lo largo del siglo XIX. Hoy ningún científico duda de su existencia.

Algunas de las evidencias mencionadas que hacían pensar en la materia como formada por partículas eran por ejemplo la observación de que los gases se pueden comprimir y que de un gran volumen de un gas se obtenían unas pocas gotas de líquido, esto inducía a pensar que gran parte del espacio que ocupa un gas es vacío y que al convertirse en líquido sus "partículas" se juntan. Otros ejemplos son: la difusión del vino en agua (o del perfume en el aire) implicando que el agua (o el aire) tiene espacios por los que pueden introducirse pequeñas cantidades o "partículas" del vino (o del perfume); que el vapor del vino atravesaba cuatro capas de papel; que al tratar una aleación de oro y plata con ácido nítrico la plata se disolvía y el oro reaparecía como antes de alearse.

En 1805 un meteorólogo y químico inglés, John Dalton, utilizó esa idea de "partículas", a las que llamó átomos, como los constituyentes más chicos de la materia para explicar las relaciones reproducibles y numéricamente simples que se observaban entre los reactivos y los productos en las reacciones químicas. De esta ma-



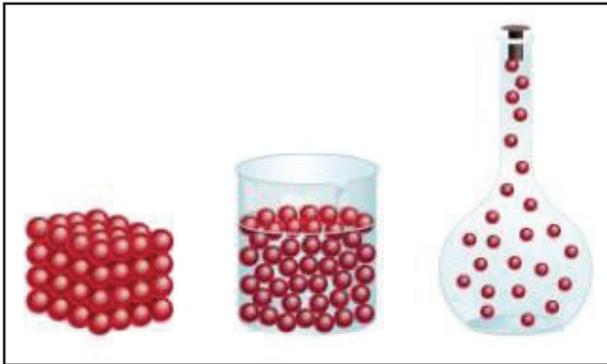
nera propuso la primera teoría atómica fundamentada en una observación concreta.

## Atomismo

Desde mucho antes, ya desde la época helénica, los estudiosos se planteaban hipótesis sobre la constitución de la materia, entre las que se incluía la atómica (planteadas inicialmente por los griegos Leucipo y Demócrito). La mayoría de las hipótesis no tenían verdaderas bases científicas, no se fundaban en observaciones de la naturaleza, ni en mediciones, pruebas y experimentos; además, eran poco aceptadas.

Fue con los trabajos de Dalton que se empezaron a dar los primeros pasos serios en el establecimiento y fundamentación de la teoría atómica. Posteriormente contribuyeron de manera muy importante químicos como Gay Lussac, Amadeo Avogadro y Jacob Berzelius. Hacia mediados de siglo se tenía un cuerpo de teoría adecuado que implicaba que la materia estaba compuesta de partículas microscópicas llamadas átomos.

Pero pese a los enormes éxitos que los químicos lograban en la comprensión de problemas importantes a partir de dicha hipótesis, y pese a que los físicos habían avanzado en la construcción de la teoría cinética de los gases (teoría que implicaba el movimiento caótico de sus molé-



**Esquema de un trozo de sólido que pasa a líquido y luego a gas, aumentando el volumen a medida que se separan las partículas.**

culas, cuyos golpes contra el recipiente se vinculaban a la presión, por ejemplo, y su velocidad media a la temperatura) para muchos era difícil romper con la idea intuitiva de que la naturaleza de la materia es continua, por lo que la hipótesis no era aceptada por un gran número de científicos activos.

En esa época ya se habían planteado las leyes de la termodinámica, leyes que se refieren al comportamiento de las sustancias a nivel macroscópico vinculando los cambios de temperatura, de presión, y de estado (sólido, líquido o gaseoso), con el trabajo realizado sobre ellas. Estas leyes eran ampliamente aceptadas y eran aplicadas en muchos campos de la ciencia y la tecnología. Colaboraron, sin lugar a dudas, con la revolución industrial por su aplicación al diseño de máquinas de vapor y en procesos químicos. Si la teoría atómica era verdadera, debía conciliarse con la termodinámica. Justamente una escuela antiatómica, la llamada escuela energética, liderada por Wilhelm Ostwald, sostenía que había muchas contradicciones entre las conclusiones que se obtenían al aplicar la teoría atómica a ciertos procesos y las obtenidas al aplicar las leyes de la termodinámica. Frente al conflicto que se daba (en algunos casos) entre ambas teorías, la escuela optó por rechazar de plano la teoría atómica e insistía en la falta de pruebas que la validaran.

### Movimiento browniano

Sin embargo, había un fenómeno conocido desde 1828 que varios de los defensores del átomo esgrimían como prueba: el movimiento browniano, un desplazamiento de aspecto errático que experimenta cualquier partícula pequeña, como un grano de polen, en agua, y que se observa mirando a través de un microscopio.

Se le llama movimiento browniano por los estudios que hizo del mismo el conservador del Museo Británico Robert Brown. Otros lo habían observado antes que Brown pero él hizo un estudio sistemático y llegó a descartar la primera interpretación del fenómeno que suponía que las partículas tenían vida. Observó polen que había sido guardado durante 100 años y vio que se comportaba de la misma manera. Luego observó partículas de minerales en líquidos e incluso humo (partículas sólidas de cenizas en aire), experiencia que se hace en algunos liceos, y vio que se

repetía la observación.

Einstein no conocía el fenómeno. Dedujo su existencia. Él buscaba demostrar que la teoría atómica no estaba en conflicto con la termodinámica y que las leyes de esta última podían obtenerse a partir del estudio del movimiento de los átomos y moléculas que constituyen la materia y para hacerlo intentó describir ese movimiento, y demostrar su existencia.

Si las moléculas de agua están en continua agitación, razonó Einstein, al chocar sobre un objeto más grande (del tamaño de una bacteria) harían que el desplazamiento de éste fuera caótico. De ser cierta esa suposición sería fácil poner en evidencia la constitución molecular del agua observando el desplazamiento del objeto (la bacteria), por lo que el problema le interesó y se dedicó a calcular teóricamente las trayectorias realizadas por dichas partículas.

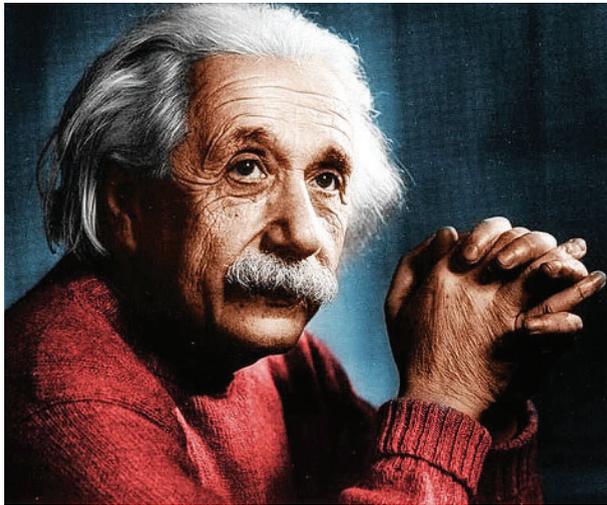
Utilizando un argumento estadístico predijo la distancia que debían recorrer y mostró que, a partir del seguimiento del movimiento de una de estas partículas bajo el microscopio, era posible calcular su diámetro o, si se usaban esferas de diámetro conocido, determinar el valor del número de Avogadro, o sea la cantidad de partículas (átomos, moléculas, iones... etc) en un mol, que es la unidad de cantidad de sustancia.

Además demostró que la segunda ley de la termodinámica no era rígida sino que se cumple sólo en promedio, por lo que se eliminaban las contradicciones que encontraba Ostwald entre las deducciones del comportamiento de la materia utilizando ya fuera las leyes de la termodinámica o la teoría atómica.

### Contribución poco conocida

Esta contribución de Einstein a la ciencia lo hizo famoso entre los científicos. La mayoría de la gente asocia a Einstein con la teoría especial de la relatividad y con la famosa ecuación:  $E=mc^2$ . Pocos conocen su aporte a la teoría atómica. Es que en el famoso año de 1905 Einstein envió cinco artículos a la revista Anales de Física: el que contiene su explicación del efecto fotoeléctrico por el cual le otorgaron el premio Nobel; El que permite confirmar la existencia de los átomos titulado: "Sobre el movimiento de partículas pequeñas suspendidas en un líquido estacionario" en el que desarrolla la teoría que vincula la termodinámica con la teoría atómica; Luego siguieron el que tiene planteadas las bases de la teoría especial de la relatividad que interesó especialmente al público no científico por su interpretación del tiempo como dependiente del observador, concepto nuevo y no intuitivo; El que contiene el resultado del que surgiría la ecuación más famosa de la física,  $E=mc^2$ , posteriormente vinculada a la bomba atómica; Y el quinto, "Sobre la teoría del movimiento browniano" que fue recibido el 19 de diciembre y publicado el 8 de febrero del año siguiente. Además de todos estos artículos envió su tesis doctoral donde planteaba una nueva forma de medir el tamaño de las moléculas, trabajo que luego se convirtió en el más citado. Tres de sus escritos entregados ese año, se referían al problema de la teoría atómica.

Toda la comunidad científica se convenció a partir de estos trabajos de la validez de la teoría. Posteriormente



**Albert Einstein (1879 - 1955)**

Ostwald dijo que se había convencido y vuelto un creyente de los átomos por la comprobación de la teoría de Einstein del movimiento browniano. Su admiración por el trabajo realizado era tal que se dice que fue él quien sugirió al comité Nobel que se le diera el premio a Einstein. Pero tuvieron que pasar algunos años, hasta 1921, para que finalmente se lo otorgaran.

Con respecto a la controversia sobre la existencia de

los átomos, Einstein opinó así: "El acuerdo de estas consideraciones con los experimentos, ... convenció a muchos escépticos, que eran absolutamente numerosos en aquella época (Ostwald, Mach) de la realidad de los átomos. La antipatía de estos eruditos hacia la teoría atómica se puede remontar indudablemente hacia su actitud filosófica positivista. Éste es un ejemplo interesante del hecho de que incluso eruditos de espíritu audaz pueden ser obstruidos en la interpretación de los hechos por prejuicios filosóficos." (de "Notas autobiográficas" por Albert Einstein 1949)

Más adelante él se convirtió en uno de los eruditos obstruidos por sus prejuicios para la aceptación de teorías. Una de sus frases célebres "Dios no juega a los dados" se refería justamente a su dificultad de aceptar la visión probabilística de los fenómenos de la naturaleza, un rasgo central de la mecánica cuántica, a pesar de que él había sido precursor de ésta (por su trabajo de la explicación del efecto fotoeléctrico). "La mecánica cuántica es algo muy serio. Pero una voz interior me dice que de todos modos no es ese el camino. La teoría dice mucho, pero en realidad no nos acerca gran cosa al secreto del Viejo. En todo caso estoy convencido de que Él no juega a los dados", decía en una carta dirigida a Max Born en 1926. Experimentos posteriores demostraron que estaba equivocado. "Dios" juega a los dados.

*\*Patricia Linn es Bachiller en Química por la Universidad de la República y directora de Uruguay Ciencia.*



# 50 años



**Disco Scosería**  
1º Supermercado del Uruguay - 15 de enero 1960



**Disco Av. Italia**  
1º Supermercado amigable con el medio ambiente - 15 de enero 2010

# 1960-2010

**Libertad de elección y respeto a los derechos de los consumidores:  
pilares de medio siglo de historia**