



LAS MATRIOSHKAS Y LA DEMOCRACIA NUCLEAR

A Sveta y Shurik

"... Toda la tierra tenía una sola lengua y se empleaban pocas palabras. Y se dijeron unos a otros: Vamos, hagamos ladrillos y cozámoslos para que endurezcan, construyamos una ciudad y una torre que expanda nuestro nombre por los confines de la tierra. Y el Señor bajó a ver la ciudad y la torre que construían los hijos del hombre, y el Señor dijo: Mirad, son un solo pueblo y tienen un solo lenguaje y ahora han empezado a hacer esto, de aquí en adelante nada que se les ocurra estará fuera de su alcance. La parábola de la torre suena, en ciertos aspectos, como la secuela de la parábola de la caída. Esta última representa la situación moral del hombre, la primera, la intelectual. Parece que estamos obligados a moldear hechos y datos, tal como se nos dan, hasta convertirlos en ladrillos que pegamos con el cieno de nuestras teorías y creencias. Y así seguimos llevando ladrillos a Babel, aunque sabemos que la torre nunca se terminará, y que incluso lo que está hecho puede ser aniquilado por el rayo en cualquier momento. Es una tarea frustrante pero también divertida, es parte de la tragicomedia humana. Llevar ladrillos a Babel no es un deber ni privilegio; parece una necesidad inscrita en los cromosomas de nuestra especie."

Isaac Asimov

MÁXIMO A. AGÜERO GRANADOS*

¿tendrá el Universo un comienzo y un fin? Parece que las respuestas a estas preguntas ancestrales sólo las podrá dar la física. Y es en este sentido que este ensayo relata sobre ciertos descubrimientos científicos que mostraron un nuevo camino a los filósofos.

Leonard Euler (1707-1783), genio matemático suizo, empezó a trabajar en la Academia de Ciencias de San Petersburgo en 1731. Sus últimos 20 años los vivió completamente ciego debido a que las observaciones al Sol realizadas por él sin protección alguna, habían comenzado a causar estragos desde que tenía 27 años, y acaba-

ron con su vista 30 años después. Tenía como mascotas a un gran número de gatos en su casa, donde pudo realizar sus brillantes trabajos de análisis matemático. Sus restos descansan en la Necropolis de la antigua ciudad rusa de San Petersburgo.

En la "carta a la Princesa Alemana" (sobrina de Federico II), donde relata en forma clara y concisa los problemas del conocimiento de su época, escribió lo siguiente: "Cuando en las reuniones conversan sobre problemas filosóficos, lo hacen sobre aquellos que dieron fuertes discordancias entre filósofos. La divisibilidad de la

* Física no lineal, Facultad de Ciencias, UAEM.
E-mail: mag@coatepec.uaemex.mx

Existe una antigua leyenda que versa sobre unos incansables guerreros que morían en los campos de batalla, para luego reaparecer. Según la leyenda, los guerreros se alejan del mundo de los muertos y regresan al de los vivos para que, en altas horas de la noche, puedan continuar en los campos de batalla la guerra que nunca terminó. Algo semejante acontece con las ideas filosóficas: a veces las viejas ideas ya condenadas al olvido, que solo esperan el sitio final en algún pequeño rincón de la historia, vuelven a tomar un nuevo ímpetu, una nueva vida y esta lucha parece interminable.

¿Qué es el mundo?, ¿cómo está construido?, ¿qué estructura posee?,

materia por ejemplo, produce diferentes tendencias filosóficas. Unos afirman que la materia se puede dividir hasta el infinito de tal manera que nunca se podrá llegar hasta los más pequeños constituyentes de ella. Otros al contrario, afirman que la división de la materia es posible sólo hasta cierto límite, más allá del cual la división se hace imposible.”

Desde hace más de dos mil años los filósofos trabajan sobre el problema descrito en la carta de Euler, que podemos plantearlo en forma resumida con la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si lográsemos dividir a un cuerpo en partes cada vez más pequeñas?

Demócrito sustentaba que “Todo termina en los átomos. A éstos ya no se les puede dividir, ni física ni matemáticamente”. Por su parte, Aristóteles defendía otra posición, pues consideraba que las sustancias pueden subdividirse indefinidamente.

Entonces tenemos dos puntos de vista contrarios:

- a) La jerarquía de la materia es infinita.
- b) La subdivisión de la materia es finita.

El razonamiento sobre la subdivisión de la materia (Aristóteles contra Demócrito), es algo parecido al juego con las muñecas rusas llamadas matrioshkas. Éstas, son una serie de simpáticas muñequitas hechas comúnmente de madera, que tienen una secuencia característica en su construcción: la muñeca más grande contiene en su interior a otra exactamente igual sólo que de menor tamaño, ésta a su vez contiene otra que le sigue y así sucesivamente hasta llegar a la más pequeña que es de unas cuantos centímetros y no contiene más muñequitas. Muchos prefieren esta analogía. El atomismo tipo matrioshka es evidente y comprensible a todo aquel que lo vea, mientras que el atomismo de otro tipo parece imposible de imaginarse.

Este juego con las matrioshkas siempre permite encontrar a la muñeca más pequeña que no se puede destapar. Puede suceder que para el filósofo la conclusión que se obtiene con las matrioshkas no sea de su agrado. Al “destapar” continuamente a la materia se logrará al final llegar a cierta partícula o materia elemental a la que jamás se podrá dividir, como sucede con la muñeca menor de las matrioshkas. La conclusión final es triste e insoluble: “Parece que es imposible conocer el mundo”. Como se ve, cuando se llega a la materia inicial (la última matrioshka) es absurdo preguntar por qué y para qué, dónde y cuándo. Por otro lado, el número finito de matrioshkas en la naturaleza conduce a la finitud de las propiedades del Universo. Uno puede afirmar místicamente que aquí podría empezar el mundo del más allá, el mundo de lo divino.

“Me parece que Dios —escribía Newton— desde el principio creó la materia en forma de corpúsculos duros impenetrables en movimiento y que a éstas partículas les asignó dimensiones, formas y demás propiedades que poseen, al crearlas lo hizo en ciertas proporciones como a Él le eran necesarias”. Sin embargo, tampoco produce satisfacción la otra cara de la moneda, es decir, la serie infinita de las matrioshkas. Porque desde el punto de vista formal matemático, esto produciría que la relación entre los volúmenes de lo conocido y lo desconocido sea igual a cero. El mundo también se hace imposible de conocer.

Entonces, la lógica del juego nos condujo a cierto “callejón sin salida”. Es difícil concebir que la materia se divida en partes hasta el infinito. Aún más difícil es concebir la otra posibilidad, el otro extremo: la interrupción de la divisibilidad de la materia en alguna etapa del proceso de división.

Mientras los filósofos se enredaban en discusiones, los físicos trabajaban en dividir a la materia en partes cada vez más pequeñas, a cualquier sustancia la dividían en moléculas, a éstas en átomos, a los átomos en núcleo y electrones, al núcleo en protones, neutrones y otras partículas elementales. Estos últimos se han acumulado en gran cantidad, al grado de que es difícil enumerarlos, por lo que se les ha agrupado y asignado nombres como, por ejemplo, el de adrones.

Ahora los físicos tratan por todos los medios de dividir a los adrones y obtener los quarks, si se concreta esta posibilidad, éstos serán los “ladrillos” de construcción de toda la materia existente; no obstante, también tratarán de subdividirlos.

Imaginemos una serie infinita de matrioshkas colocadas en forma descendente según el tamaño —a este cuadro el filósofo alemán Hegel (1770-1831) lo llamo “infinito absurdo”—; como se podrá observar, cada matrioshka contiene otra más pequeña que se diferencia de la anterior sólo en sus dimensiones. Pero ello no es más que una primera impresión, por demás engañosa. En los hechos, el proceso “quarkiano” sigue un rumbo inesperado, dado que la naturaleza en general no es parecida a una cebolla hecha de capas que se repiten. En la naturaleza el infinito absurdo se trastornó. Veamos con más detalle qué es lo que sucede.

Si nos aventuramos a las profundidades del micromundo por una “escalera hipotética”, en las regiones de la materia de cien a mil veces menor que la dimensión humana, frente a nosotros se abrirá un extraordinario mundo de nuevos objetos físicos que nos asombrarán. Es como si nos encontráramos en una nueva matrioshka, pero con dibujos distintos a los de la anterior. Si avanzamos más por nuestra escalera, llegaremos a regiones con dimensiones entre 10^{-5} y

10^{-7} centímetros (cm) y entraremos al mundo de los átomos. Aquí gobiernan las leyes de la teoría llamada mecánica cuántica. En regiones de alrededor de 10^{-12} (uno precedido de doce ceros) cm, tendríamos frente a nosotros a los núcleos. Y en dimensiones de 10^{-13} y 10^{-14} cm estaremos en el dominio de las partículas extrañas. A pesar de lo pequeño de las dimensiones, los físicos no se han detenido y ahora trabajan en regiones de 10^{-17} . Como podemos apreciar, desde el punto de vista de la filosofía de las matrioshkas infinitas, es inadecuada la comparación con estas pequeñísimas partes de la materia.

En la filosofía moderna, el concepto "consiste de" se cuestiona debido a los avances en el conocimiento del micromundo de las partículas elementales. Por ejemplo, es bien conocido que el neutrón se desintegra en tres partículas: protón, electrón y anti-neutrino; aquí, la lógica nos dice que el protón es una parte constituyente del neutrón. Pero en otros experimentos con choque de protones se observó que después de la interacción se producían neutrones; nuevamente la lógica nos dice que el neutrón es parte constituyente del protón. ¿Qué significa esto?, ¿quién es parte de quién?, ¿quién es mayor y quién menor? La transformación mutua de las partículas elementales, la posibilidad de creación y destrucción entre ellas, permite crear una nueva teoría atómica.

Analicemos este asunto con una analogía. Cuando vamos al circo es común observar el trabajo del malabarista, éste tira hacia arriba una pelota, luego la toma y la lanza nuevamente o, si es muy hábil, su actuación la realiza con varias pelotitas. Al principio lentamente y luego en forma acelerada. Al cabo de un tiempo, las pelotitas nos parecen una nube de partículas voladoras. En cierto sentido, el comportamiento de los protones y neutrones en el núcleo es similar al de

las pelotitas circenses. Estas partículas están rodeadas por una nube de otras partículas llamadas pi-mesones. Si el protón emite un pi-mesón positivo, entonces el protón se transforma en neutrón; por su parte, si el neutrón emite un pi-mesón negativo, se transforma en protón. Ahora, si hay un intercambio de pi-mesones neutros, todo permanece invariable.

Sin embargo, la naturaleza nos puede sorprender aún más. En el proceso de transformación que sucede al interior de la partícula, como componentes de ésta se encuentra la misma partícula, o incluso algunas partículas similares. Por ejemplo, el protón se compone de un protón y de un pi-



mesón cuyo tamaño no se diferencia del tamaño del protón; a su vez, el pi-mesón puede componerse de tres mesones semejantes. Estas afirmaciones contradicen nuestro sentido común, parecen absurdas. Sin embargo, es así. Los puntos de vista acerca del todo y sus partes, de lo complejo y lo sencillo en el micromundo pierden sentido. El mismo Heisenberg (uno de los creadores de la mecánica cuántica) decía: "Nuestro objetivo debe ser el amoldar nuestro pensamiento, nuestro idioma, es decir, nuestra filosofía científica a la nueva situación creada por el experimento. Por desgracia este objetivo es extraordinariamente complejo. Las preguntas mal planteadas y una visua-

lización incorrecta automáticamente se dejan ver en la física de partículas y alejan a las investigaciones científicas de la realidad de la naturaleza".

El sentido común nos indica que el todo es mayor que sus partes. Pero, ¿por qué no pensar a la inversa? Estamos acostumbrados a pensar y decir: grande es grande, pequeño es pequeño. Por lo tanto, grande es mayor que pequeño, la parte no puede ser mayor que el todo. Sin embargo, con los recientes descubrimientos en el campo de las partículas elementales, podemos afirmar que estos conceptos del sentido común pierden validez y no tienen sustento experimental.

Pero en los átomos nosotros diferenciamos a las partículas, es decir, tenemos bien definidos a los electrones y al núcleo, diferenciamos al todo por sus partes. En el núcleo atómico los conceptos de complejidad y simplicidad todavía se conservan: los núcleos están compuestos por protones y neutrones. Las dimensiones de los núcleos aún son, y lo podemos "comprobar", más grandes que sus partes. Aquí todavía se conserva un orden relativo, de orden ortodoxo, tradicional. Pero cuando analizamos al protón u otras partículas elementales, pierden sentido los conceptos tradicionales de que las partes conforman el todo. La afirmación de que las partículas consisten de otras partículas tiene un tinte o carácter condicional. La idea de la divisibilidad mecánica de la materia se torna inaplicable.

Parece que con nuestra "escalera" empieza a suceder algo misterioso, algo místico. Los peldaños comienzan a mezclarse entre sí, se juntan, crecen, se amontonan arbitrariamente, entonces ya no se puede decir si se baja o se está en el mismo lugar, algo parecido a los complejos grabados de Escher. Al tratar de retomar el modelo de las matrioshkas, nos preguntamos ¿qué tipo de matrioshkas podría haber aquí?

En 1929, en un brindis dedicado al científico slovaco A. Stodoli, Albert

Einstein pronunció estas palabras: "Honestamente hablando... nosotros no sólo queremos saber cómo está construida la naturaleza sino también la posibilidad de lograr el objetivo, aunque pueda parecer utópico, de saber porque la naturaleza es así y no de otra manera. En este objetivo, los científicos encuentran la satisfacción más grande. En esto radica el legado de Prometeo sobre la creación científica". Es imposible llevar a cabo este sueño con solo tener en cuenta la filosofía de las matrioshkas infinitas, porque ello implica considerar una serie infinita de estas muñecas como modelo de los constituyentes de la materia. Pero ¿qué pasa si la naturaleza es autocerrada, y si todas sus propiedades se obtienen de las innumerables propiedades de sus partes?, y ¿cómo es que cada partícula elemental está constituida de todas las demás?

Los experimentos realizados por científicos indican que los protones y neutrones se encuentran en el núcleo, y que alrededor de los protones se encuentra un campo complicado de fuerzas nucleares. Los quantums de este campo son los innumerables mesones y otras partículas. Es necesario mencionar que la interacción entre partículas en el micromundo se realiza mediante campos, pero éstos también están compuestos de partículas que son los transportadores de la interacción. En forma general, a las partículas de este campo las llaman quantums; esto, en el lenguaje de los físico-matemáticos, implica una cuantización de campos.

El campo que determina las fuerzas se puede representar como una nube que cubre a los protones y neutrones. Esta nube o "abrigo" mesónico es inseparable del protón y neutrón, lo cual significa que la existencia de protones y neutrones se debe a estas nubes mesónicas. Ciertos pedazos de este "abrigo" suelen zafarse en los experimentos con aceleradores y dan origen a otras partículas. Entonces, des-

de la cima de la ciencia moderna de los procesos en el núcleo de los átomos, con base a los experimentos hechos, se formula un nuevo y asombroso pensamiento: en el micromundo es posible que el todo consista de todos; es decir, que cualquier partícula puede ser constituyente de otra partícula y, a su vez, esta última puede ser parte de la primera. Esta nueva idea está totalmente fuera del sentido común, puesto que no tiene caso buscar en el micromundo a la partícula más elemental a sabiendas de que no existe. Cualquier partícula puede ser la primera así como también la última. Lo cual nos indica claramente que no hay ninguna "crisis" filosófica.

Si nos remontamos al mundo de los antiguos griegos, encontraremos allí al filósofo Anaxágoras, quien procedía de familia noble y educada. Cuando era joven decidió dedicarse a la ciencia, pues veía en ella al único objetivo de su vida. Él sostenía que el mundo se compone de infinitas partículas que llamaba homeómeros. Con él ¿nuevamente repetimos a Demócrito y tenemos otra matrioshka? Al contrario, Anaxágoras sostenía que cada homeómero consiste de todos los elementos del mundo: "Todos en todo", "Si alguien puede decir que algo es oro, lo hace porque en ese algo predomina el



oro. A los demás ingredientes nosotros no podemos distinguirlos. Por eso cada partícula por más pequeña que fuera, en realidad es infinitamente compleja". Como podemos apreciar, este filósofo sí tuvo una proa visionaria y se adelantó a su época de una manera sensacional.

Esta nueva concepción de los físicos sobre el micromundo, que es enormemente desagradable para la filosofía ortodoxa del tipo de las matrioshkas y otros, recibió el nombre de democracia nuclear. Este mecanismo de consistencia mutua o de auto-consistencia, de democracia nuclear de las partículas elementales, crea un mundo donde todos tienen el mismo nivel de comportamiento.

Pero este concepto va en contraposición con otra doctrina de los quarks. Según la teoría, los quarks son partículas especiales y son los "ladrillos" con los cuales se construye el Universo. Existen ya evidencias en los experimentos con los enormes aceleradores de partículas que detectan quarks. Muchos de los investigadores no se dan por satisfechos con el concepto de democracia nuclear; pues, según ellos, esta doctrina es un reflejo de la complejidad con que los físicos se toparon en el estudio del núcleo atómico.

Por fortuna, para no estar en contraposición a la doctrina de democracia nuclear, ya existe una nueva teoría denominada superdemocracia. Esto no es todo, sino que también se dan evidencias experimentales de la existencia de antipartículas y de antiátomos, pero esto será motivo de otra discusión.

Por ahora terminemos con una cita del poeta V. Vriusoph:

"Puede suceder que cada electrón sea un universo, donde haya cientos de planetas; en ese cosmos todo es como aquí, pero en volumen compacto. Además, habrá algo que no existe con nosotros."