

LAS IDEAS DE FUERZA Y VELOCIDAD, EN LA FILOSOFIA DE LA FISICA DE ARISTOTELES

Por F. Carmona Nenclares

¿Podría considerarse excesivo tomar al pié de la letra el exabrupto del eminente Bertrand Russell, que escribió un día: “por su influencia intelectual, Aristóteles ha sido uno de los más grandes azotes de la especie humana”? Parece, a primera vista, que Russell habría tenido en cuenta la extraordinaria confusión cometida por Aristóteles acerca de la palabra griega *Logos*, entendiéndola al mismo tiempo como *discurso* y *razón*; el error consistiría, por lo tanto, en suponer que las formas del lenguaje traducen exáctamente las formas del pensamiento.

Pero fué en otra rama del saber donde la influencia de Aristóteles se manifiesta igualmente lamentable y vivaz: en la mecánica. Para él las ciencias de la naturaleza descansan sobre una concepción animista del universo, en el sentido de que los movimientos de los animales le parecen más simples, más claros y sugestivos, que los de las piedras, meteoros y astros.

El animismo concibe que todo movimiento tiene por *causa* un espíritu. Y, sin embargo, de sus geniales aportaciones a la ciencia, por ejemplo, Kepler creía en la existencia de una especial familia de ángeles, encargados por la Providencia del cuidado de dirigir la marcha de los planetas. Si preguntamos a un muchacho de diez años, que sepa montar en bicicleta, qué es lo que hace avanzar la máquina os dirá que se trata de una *emanación* de la *fuerza* del ciclista. Así, en mecánica lo mismo que en lógica, el hombre moderno (el hombre de la calle) es todavía espontánea e inconscientemente aristotélico. Soporta sin reservas la incomprensión de determinados hechos de los que puede depender, en ocasiones, su propia vida.

Como escribiera, en 1936, el filósofo León Brunschvicg (1869-1944, víctima del fascismo,) “la ciencia debe, sobre todo, desconfiar del lenguaje que erige en cualidades ontológicas las categorías empíricas de la gramática; por eso, la metafísica de Aristóteles se manifiesta como una especie de *género* retórico, lo mismo que su física una especie de *género lógico*.” Bien entendido, ésta *lógica* consiste en puras especulaciones, donde se parte de las más rudimentarias banalidades de la existencia cotidiana, consideradas, eso sí, como principios intangibles o ideas innatas. No tienen ninguna conexión con la ciencia matemático-experimental que, desde hace varias décadas, nuestros contemporáneos designan con la palabra *lógica*. La misma palabra para ciencias distintas.

—o—

Uno de los primeros principios, por ejemplo, instaura que todo cuerpo “busca” su lugar de predilección, hacia abajo para los cuerpos pesados y hacia arriba para los ligeros. ¡Todo es claro y limpio!. Una piedra cae con la intención de encontrar su sitio natural; una hoja de árbol, en el otoño, se encuentra mejor en el aire que en la tierra y sus botánicos o vegetales sentimientos tienen, para ella, el efecto de retardar la caída. De la misma manera, un niño se irrita contra una puerta que no puede abrir.

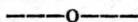
Un segundo principio proviene directamente de un hecho familiar, banal: el lanzamiento de una flecha por un arco inicialmente tenso, que realiza el papel de motor. Puesto que la flecha termina por detenerse “es que” el motor habría dejado de accionar el arco; en otros términos, el arco comunica a la flecha una cierta “fuerza” al comienzo del proceso motor, que por el movimiento mismo se agota poco a poco, como el calor se disipa en el aire ambiente cuando un cuerpo caliente se enfría. Aristóteles admite, pues, que la fuerza sirve, únicamente, para alimentar la velocidad.

Después de proponer los dos principios mencionados, el primero acerca del “lugar natural” de los cuerpos, y el segundo acerca del agotamiento de la fuerza, Aristóteles sospecha que no está en el buen camino. Trata entonces de conciliarlos, inventando un tercer principio. El cual complicará más, naturalmente, las cosas. Por él distinguimos la posibilidad de dos especies de movimiento: el “natural”, el de un cuerpo que dejamos caer, y el cuerpo busca su lugar, y el movimiento “violento”, el de un cuerpo lanzado, el cual exige la inter-

DOS ENSAYOS SOBRE LATINOAMERICA

vención *permanente* de una fuerza. La palabra viene subrayada por el maestro estagirita.

La mecánica de Aristóteles se compone, por lo tanto, de dos principios incompatibles y de un tercero que trata de conciliarlos. Las consecuencias que se derivan de enmendar los dos primeros por el tercero son insostenibles; literalmente insostenibles. Por ejemplo, si una piedra lanzada oblicuamente hacia arriba no cae inmediatamente hacia abajo, la razón se atribuye, por Aristóteles, a que "el aire, cerrándose sobre la piedra ejerce la propulsión juzgada necesaria". El maestro gratifica, pues, al aire con un papel opuesto al que, en realidad, juega y que se reconociera más tarde: el aire frena, no propulsióna.



En la Edad Media los conocimientos de la mecánica se limitan a repetir maquinalmente los tres principios aristotélicos. El empleo de las armas de fuego, en el siglo XIV, atrajo de nuevo la atención sobre éstos problemas. Dos siglos más tarde, el italiano Nicollo Tartaglia reconocía que la trayectoria de un proyectil es curva en todos sus puntos, pero incluso después de su muerte, en 1560, los aristotélicos sostenían todavía que "una bala de cañón se mantiene rectilínea hasta que se agota la fuerza que la impulsa, cayendo entonces verticalmente". Lugar "natural" de los cuerpos, agotamiento de la fuerza, movimiento natural o violento, etc.; sólo se trataba de palabras. Por medio de palabras se pretendía clasificar ciertos hechos, sin tratar de explicarlos, es decir, de relacionar los unos con los otros. De unificarlos.

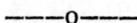


El espíritu de Aristóteles está todavía, en cierto modo, vigente. Gran número de profanos, de autodidactas, etc., creen, con la mayor serenidad, en una correlación entre la fuerza y la velocidad. Y sin embargo, éstas dos magnitudes físicas son el tipo de un par de magnitudes independientes, sin ninguna conexión la una con la otra. Un instante de reflexión mostrará que una de las dos, la fuerza o la velocidad, puede anularse en el momento mismo en que la otra, la velocidad o la fuerza, adquiere un valor cualquiera:

a) En una caída libre la velocidad es, en principio, nula y la fuerza, indeterminada;

b) Cuando se hace rodar una bola a lo largo de un plano inclinado, se puede dar al principio una velocidad tal que el movimiento se realice de una manera uniforme; si la velocidad inicial es muy débil, el movimiento se acelera por el peso; si es muy grande, el movimiento se frena por el rozamiento. Peso y rozamiento se compensan exactamente, pues la fuerza total es nula, en tanto que la velocidad de la bola puede escogerse arbitrariamente, modificando la inclinación del plano.

Debemos a Galileo la comprobación experimental de la autonomía recíproca de la fuerza y la velocidad, análoga a la que existe entre las dimensiones de un barco y la edad de su capitán. La comprobación galileana no significa, de ninguna manera, que la fuerza no tenga efectos sobre el movimiento del cuerpo: la fuerza no está ligada a la velocidad, sino a la rapidez, o lentitud, con la que varía la velocidad. Es tan absurdo confundir velocidad y aceleración como hacer sinónimos la talla y el crecimiento. El experimento galileano sirvió de base, a Newton, para formular el *principio de inercia*. Donde se trata, ahora sí, de un verdadero principio, pues encierra en germen todas las aplicaciones de la mecánica clásica.



Los últimos datos que debemos a la ciencia contemporánea sobre ambas nociones son, en síntesis, los siguientes:

a) De todas las magnitudes físicas que sirven para describir el universo con precisión, la velocidad es la noción que incluye del modo más sencillo el espacio y el tiempo. La velocidad de un móvil es tanto más grande cuanto recorre distancias más largas en tiempos más breves.

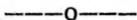
b) En el aspecto teórico, es esencial no perder de vista que hay un *límite* para la velocidad: ningún proyectil (se trata de ínfimos corpúsculos materiales, de electrones), ningún proyectil puede alcanzar, ni rebasar, la velocidad de la luz. Este límite representa una de las bases de la relatividad einsteniana, de la que no tenemos que ocuparnos; sólo recordaremos una consecuencia extraordinaria, que la ciencia actual deduce con perfecto rigor: partiendo del hecho de que la materia no puede desplazarse con mayor velocidad que la luz, Einstein demuestra que la materia es una forma particular de la energía.

Ley que viene regulando el conocimiento y la técnica de la energía nuclear.

La noción de velocidad se ha liberado, por lo tanto, del antropomorfismo ancestral. Y, correlativamente, la noción de fuerza ha logrado la misma depuración, al medirse y definirse con precisión. Gracias a ello podemos, ahora, inventariar los tipos conocidos de fuerzas en la relación que sigue:

- a) Fuerzas de contacto; cohesión, capilaridad, viscosidad, etc.
- b) Fuerzas de inercia; un caso particular, la fuerza centrífuga.
- c) Las *fuerzas del campo*, que comprenden el peso, las fuerzas electromagnéticas, afinidad química, radiación, etc.

A lo que debe añadirse, en el aspecto teórico, que las fuerzas de inercia y gravitación coinciden. Principio que constituye el punto de partida de la relatividad general. Y las fuerzas de contacto son de naturaleza electro-magnética, conforme a las experiencias de Max Born.



En dos sentidos distintos se ha realizado la evolución ulterior de las ideas aristotélicas (distintos, por cierto, hasta nuestros días, cuando se reconoce que ambos tienen una base común en la matemática), en el dominio de la mecánica y la lógica. La mecánica alcanzó la sistematización científica con Galileo y Newton; la lógica iba a seguir el mismo camino, más tarde, un poco forzada por la progresiva matematización general de la ciencia, con Leibniz y sobre todo, apenas hace un siglo, con George Bool. Pero en éstos nombres, y en otros de semejante estirpe que pudieran añadirse, no encontramos sino la iniciación de un movimiento que culmina en nuestra época: la creación, ante nuestros propios ojos, de una ciencia super-matemática, donde se funden, en estrecha conexión, la lógica, la matemática y la epistemología. Nos referimos a la *teoría de la matriz S*, de Heisenberg, que expondremos en otra comunicación a nuestra gran revista colombiana.