

LA ENERGIA

POR EL DR. ALEJANDRO S. MELO

Conferencia leída a los alumnos de Fisioterapia.

Es verdad bien sabida que el mundo se compone de materia y de energía; que ésta es una especie de principio vital que anima a aquella. Aristóteles en su «Tratado del alma», refiere que Thales de Mileto, en el siglo VII antes de Jesucristo, reconocía en la piedra-imán una alma capaz de atraer el hierro.

Dos principios clásicos, por excelencia, han regido durante muchos años las relaciones entre la energía y la materia, a saber: 1º—La materia y la energía son inmutablemente inseparables; de modo que la primera no puede existir sin la segunda. Bluchener, en 1856, decía: «Nada de fuerza sin materia; nada de materia sin fuerza»; y 2º—La materia y la energía son esencialmente distintas: de la una, no puede nacer la otra.

Sin embargo, en los tiempos actuales bien podemos desechar estas teorías y aceptar las que están más conformes con la razón y con la ciencia, y cuya evolución y cuyo diario progreso han dejado muy atrás otras tantas creencias reconocidas antes como invariables.

Por eso, hemos de convenir hoy en que la energía puede manifestarse independientemente de la materia, y en que la materia no tiene existencia propia, desde luego que no es sino el objetivo de ciertas modalidades de la energía, según vamos a demostrarlo.

La energía puede manifestarse en ausencia de la materia.

El estudio de las irradiaciones producidas por el paso de la electricidad al través de los tubos de Crooks, ha venido a modificar sustancialmente la concepción clásica de la unión indivisible de la materia con la energía, y nos lleva a pensar de muy distinto modo, sin embargo de estar acostumbrados a considerar a la materia como cosa inerte e indiferente, sobre la que se han establecido diversas propiedades especiales, según lo afirma Aristóteles. En efecto, si hacemos pasar una corriente eléctrica de fuerte tensión por un tubo de vidrio cerrado, en donde el aire está enrarecido a menos de 1 por 1000^o de milímetro (tubo de Crooks), el catodo emite rayos especiales, invisibles en el interior del tubo, que vuelve fosforescentes a todas sus paredes. Estos rayos se llaman catódicos, que nada tienen de común con los rayos luminosos, ya que no se trata, en efecto, como con la luz, de vibraciones del éter, sino que son algo así como un bombardeo molecular; o mejor dicho, una descarga de proyectiles lanzados en línea recta por el catodo. Estos proyectiles de rayos catódicos están formados por electrones negativos, o sean, partículas eléctricas con carga negativa, absolutamente desprovistos de todo apoyo material: son una especie de irradiación o desprendimiento de partículas muy sutiles, que constituye la energía pura; una entidad intermedia entre el éter imponderable y la materia ponderable.

De otro lado, el catodo proyecta rayos canales, provistos de carga eléctrica positiva, cuyos electrones no están libres sino siempre asociados a los átomos materiales de hidrógeno y de helium, y cuya importantísima función es la de retardar la marcha de esos mismos rayos, como quiera que se forman de la acumulación o acopio de materia o de energía, constituyendo los *iones* positivos (o restos de átomos como dice Becquerel); es decir, de átomos privados de sus electrones negativos.

La única forma de energía que no ha podido franquear hasta hoy la materia, es la electricidad negativa, lo cual es suficiente para conjeturar otras disociaciones.

* * *

Kant decía que ignoramos lo que es el mundo en sí mismo, puesto que no lo conocemos sino tal como nos lo presentan nuestros sentidos, y no como es él en su sér y en su naturaleza: y por esto, acaso ha predominado en nosotros la idea, muy antigua por cierto, de un mundo material. La noción de materia ha existido desde mucho antes de que se admitiera la noción de energía; pero, es indudable que ésta sobrevivirá a la noción convencional de materia.

Privada de las energías componentes, la idea de materia desaparecerá de nuestra mente, por cuanto ella constituirá siempre una concepción supérflua. En efecto, nosotros no percibimos la existencia material de un cuerpo sólido, sino por la impresión que hace en nuestro sér la energía de su forma y volúmen y la de su peso y extensibilidad; de suerte que si los cuerpos hubiesen permanecido en estado gaseoso, muy probable es que nuestra razón no hubiese concebido la idea de materia. Y como ésta no existe sino como nosotros la percibimos y como la ilusión que satisface a nuestros sentidos imperfectos, es difícil formarnos una idea exacta, precisa y verdadera, según lo advierte Oswald, porque no poseemos ningún sentido capaz de constatar personalmente su existencia.

Admitida como está la transmutación de los cuerpos simples, por fuerza tenemos que concluir que el átomo no es el último término de la divisibilidad de la materia. El átomo, a pesar de su etimología, puede dividirse, aun dejando en libertad cantidades de energía extraordinarias, como lo hace el radium; pues, a igual volumen, su emanación pone en libertad 2.500,000 veces más energía, que la explosión de una mezcla de hidrógeno y oxígeno.

Un átomo-materia será un agregado de átomo-energía, el cual puede libertar por el fenómeno de radioactividad. El átomo de energía es el electrón negativo, que viene a ser el constitutivo universal de la materia: es, según lo afirma Becquerel, una masa 1700 veces mas pequeña que la del átomo materia conocida,

(que es el átomo de hidrógeno) y que se mueve con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.

Los electrones se agitan por su movimiento constante y giran de tal modo que aun cuando se hallen separados entre sí por grandes espacios o intersticios, dan al átomo una apariencia sensible de materia como lo ha probado Thompson.

Según Poincaré, cada átomo puede compararse a un sistema solar, en el que los pequeños electrones negativos hacen el papel de planetas que gravitan al rededor de un grueso electrón positivo, el cual desempeña a su vez el papel de sol central. Esta atracción mútua y recíproca de electricidades de nombres contrarios, mantiene la cohesión del sistema que forma *el todo*. Además de los electrons cautivos, hay también electrons libres comparables a los cometas que circulan de un sistema a otro, estableciendo un libre cambio de energía.



La materia es indestructible.—Esta teoría fue una de las bases de la doctrina de Epicuro, y que Lucrecio la proclamó en sus poemas «De natura rerum».

*Nunc age, res quoniam docui non posse creari
De nihilo, neque item génitas ad nihil revocari.*

Ello es una verdad tan conocida por todos que: nadie puede afirmar hoy que haya químico alguno que pueda disminuir o aumentar un grano el peso del mundo; y así, Lavoisier estableció que, en toda reacción, el peso de la materia en experiencia permanece invariable, y formuló su célebre ley «En la naturaleza nada se pierde, nada se crea: todo se transforma».

* * *

La química clásica divide la materia en cuerpos simples y cuerpos compuestos. Los unos se consideran indescomponibles y forman unidades elementales; mientras que los otros, están constituidos por combinaciones varias de dos o más cuerpos simples y son, por lo mis

mo, disociables en sus componentes. Y es por esta razón por la que las formas irreductibles de la materia son en tan escaso número, en relación con los diversos cuerpos que existen sobre la tierra.

Es principio general que los cuerpos están constituidos por un conjunto de moléculas, las que a su vez se forman de átomos. A la molécula se le considera como la más pequeña parte del cuerpo, ya sea simple o compuesto, pero capaz de existir en el estado físico; y al átomo, como la parte más pequeña del cuerpo susceptible de participar de una combinación química.

Dalton nos habla de los átomos indivisibles «*inseparables*» que se yuxtaponen sin disociarse en las combinaciones químicas. Así, una molécula de agua (unidad física) encierra tres átomos, (unidades químicas), dos átomos de *H* y uno de *O*.

Luego la química con sus progresos, sobre todo en el siglo XIX, ha venido a confirmar el principio sostenido por Lavoisier sobre la estabilidad de los cuerpos simples, robusteciendo también la creencia de la individualidad e indestructibilidad del átomo. Pero lo más admirable es el descubrimiento de la radioactividad, la cual ha producido una transformación completa en las teorías que, hasta entonces, parecían las más fundadas sobre esta materia; tanto es así, que dió con ello un golpe de muerte a la doctrina sobre la invariabilidad del átomo químico.

Si durante mucho tiempo la unidad de la materia no pasó de mera hipótesis y como tal fue sostenida con timidez y con recelo, es hoy una verdad ya confirmada, por atrevida que la juzguemos; pues, todos los cuerpos están formados, al parecer, de una misma sustancia elemental, que aun no se la conoce bien.

La radioactividad resulta de la disgregación constante y espontánea de los elementos atómicos constitutivos de los cuerpos radioactivos y que se manifiestan por la emisión de rayos invisibles y penetrantes, y por los fenómenos de calor, luz, electricidad, etc.

La destrucción de ciertos cuerpos simples, bien así como la desaparición espontánea de la emanación del radium, nos hace admitir que la materia no es indes-

tructible, sino que es *una*; de modo que, los diversos elementos que llamamos cuerpos simples y en los cuales admitimos su individualidad, están todos constituidos por los mismos átomos.

Según la comparación de Lord Kelbin, los cuerpos simples son como los edificios construídos con los mismos ladrillos, que adquieren formas distintas, en fuerza de la unión entre sí.

De lo expuesto podemos decir hoy, lo que ningún químico se hubiera atrevido a sostener hace veinte años esto es, que los cuerpos simples se desdoblau en otros dos cuerpos de igual naturaleza.

Sir Wiliam Ramsay ha demostrado que el radium considerado como cuerpo simple, metal alcalino-terreo, vecino del calcio y del bario, se descompone espontáneamente dando origen a dos gases.

El helium que Sir Normand Lockeyer descubrió en el sol, 40 años ha, que en 1894 el profesor Ramsay de Glasgow, lo aisló de la atmósfera terrestre en la proporción de 1 por 245.000 y que existe en abundancia en los gases de ciertas aguas minerales; el helium, decimos, es de una inercia química que la pone «al margen de la química» (Moreu).

A la *emanación*, verdadero gas radioactivo descubierto por Rutherford, quiere Ramsay que se la denomine *nilon*, que significa *brillante*, porque vuelve fosforescente el sulfuro de zinc.

La *emanación*, de radium no es un cuerpo estable. por el contrario, dura pocos días, y, a su vez, se descompone en helium y en otro cuerpo llamado radium *A* el que, depositándose sobre ciertas materias, origina la radioactividad inducida.

El thorium y el actinium, cuando se destruyen espontáneamente, producen también *emanación*, de la cual carecen el uranium y el polonium.

Es necesario advertir que la emanación del radium es abundantísima en ciertas aguas minerales: hay fuentes, como la de Limbe, que desprende más de 30.000 litros de gases cuyos dos tercios están formados de helium y el resto de argón, neón, kriptón y de *emanación*; de suerte que es al helium al que se le atribuye el poder que

tienen ciertas aguas de composición química insignificante; debiéndose a la rapidez de destrucción espontánea de la *emanación*, la diferencia de efectos terapéuticos de esas aguas.

La astronomía y la astrofísica moderna nos proporcionan pruebas de la unidad de la materia, tan claramente demostradas con los trabajos recientes de Nordmann sobre la temperatura de las estrellas, según el análisis espectral y el examen con el pirómetro estelar; esos trabajos confirman la gran teoría enunciada en 1873 por Sir Norman Lockyer, que hay estrellas muy calientes (como el Bellatrix de Orión) constituidas por hidrógeno, helium y por un cuerpo hipotético llamado *asterium*, y que a medida que se enfrían, aparecen los gases más pesados, tales como el oxígeno, el carbono y el nitrógeno, (cruz del sur). De igual modo, los que se llaman *protometales*, como el protomagnesio, proto-calcio, etc., se manifiestan mucho más sutiles que en las condiciones ordinarias (Aldebarán de Tauro).

En las estrellas Cigne, de Germeaux, que son menos calientes y más desarrolladas, se ha comprobado la presencia de formas primitivas de hierro, de magnesio, etc.; y en las estrellas frías, como en la Betelgeuse de Orión, la presencia también de los metales con sus caracteres ordinarios, y algunos de los metales usuales pesados, como el oro y el platino. El hidrógeno y el helium desaparecen gradualmente, a medida que se manifiestan los otros elementos, éstos actúan según el orden de sus pesos atómicos crecientes.

Si pudiéramos calentar progresivamente los cuerpos simples hasta la temperatura de 40.000 grados centígrados, los metales más pesados por razón de que su constitución molecular es más complicada y más frágil, se descompondrían lentamente para formar metales más ligeros, que se disociarían también; y, por fin, todos los cuerpos se transformarían, poco a poco, en helium, luego en hidrógeno y, por último, en protohidrógeno. Este producto final, hipotético, constituirán los astros más calientes, según afirma Lockyer: a la más alta temperatura, corresponderá la química más simple; e inversamente a temperatura más baja, la materia alcanzará

una complejidad extrema, bajo la forma de uranium, cuyo peso atómico es el más elevado: 238, 5.

Todo lo dicho manifiesta que no eran utopías o meras ilusiones forjadas por los alquimistas de la edad media, cuando pusieron todo empeño en buscar la manera de transformar los metales comunes en oro, fundándose naturalmente en la teoría de la unidad de la materia sustentada por Epicuro; cuando estudiaban la transmutación de los metales, imponiéndose una carga difícil de realizar por la imperfección de los medios o falta de elementos necesarios para el objeto, y cuando consideraba, que aquello fue entonces una quimera; puede decirse que hoy es ciencia nueva la química de la descomposición del átomo, que lleva consigo el estudio de arduos problemas.

Los cuerpos radioactivos no son compuestos: son elementos cuyos átomos se modifican y transforman. La radioactividad, en cambio, como dice Becquerel, parece ser una propiedad general de la materia; sin embargo de que Campbell y Wood admiten que es propiedad atómica de todos los metales, ateniéndose a los resultados positivos que se han obtenido ya, con el rubidio y el potasio, el cual es dos millares de veces menos radioactivo que el ráduim.

* * *

Vivir es nacer, evolucionar y morir, y nacer todavía, puesto que la vida renace de la muerte. Del conjunto de investigaciones que dominaron en el siglo XIX, y de los descubrimientos hechos por Sir Norman Lockyer y de Henri Becquerel, etc., se llegó a una de aquellas conclusiones que transformaron la ciencia: *la materia evoluciona, el átomo vive.*

Desde luego, la vida inorgánica no se parece a la orgánica, se diferencia por su duración.

¿Qué es el período biológico de un astro, sino un incidente fugitivo con relación a su existencia entera?

He aquí la razón por la que el hombre cree que la materia es invariable; de la misma manera que el hombre parece inmutable en relación al insecto efímero que

no lo contempla sino un día (Matout). La vida inorgánica, tiene como la orgánica, un nacimiento, una fase de evolución ascendente, una fase de evolución descendente y una muerte.

La evolución o *integración* de la materia que fue una concepción grandiosa de Norman Lockyer, admitida por Becquerel y otros sabios, es solo simple hipótesis, sin prueba palmaria, definida y completa, como que todavía no asistimos a la agregación de átomos, a la formación de una serie de cuerpos simples cada vez más complejos. Por el contrario, la *desintegración* de la materia es una certeza, a lo menos para los cuerpos simples de peso atómico muy elevado. La radioactividad descubierta por Henri Becquerel, que no es otra cosa que la disgregación espontánea de la materia, la contemplamos impotentes y la observamos sin poder provocarla experimentalmente, por el convencimiento que tenemos de que no será posible acelerar o retardar el fenómeno, por más energías que gastemos en ello..

Hay probabilidades de que no toda la materia sea radioactiva y que sus átomos se *degraden*; pero, como en la mayor parte de los cuerpos, ésta transformación es tardía o demasiado lenta, tenemos la ilusión de su estabilidad, es un fenómeno muy perceptible en los cuerpos de atomicidad pesada, es decir, en los cuerpos practicamente radioactivos, no obstante de que el período de desintegración es constante en cada uno de ellos.

El uranium goza de extrema longevidad, superior a nueve millares de años; el thorium, vive 250 millones de años; y el radium, tiene una existencia de 2.900. El polonium rara vez pasa de siete meses de existencia; y el actinium apenas vive de 5 a 10 segundos.

El uranium (238, 5, peso atómico) el thorium (232, peso atómico) y el actinium, son tres cuerpos radioactivos, cuyos generadores no se conocen todavía, están considerados provisionalmente como la llave de la familia, de la cual el más importante es el uranium, aunque no está formado por la disgregación o por la evolución de otro cuerpo simple; puesto que su peso atómico es superior al de cualquier otro elemento. El uranium no ha podido ser producido por integración o

por evolución ascendente de la materia para que en nuestros días tome origen en el interior del globo terrestre.

Muy lentamente crece el ser que llamamos orgánico, es decir, el átomo. Las dos formas juveniles de la materia que existen sobre la tierra son los dos elementos más simples y más ligeros: el hidrógeno y el helium; la materia se cambia de un cuerpo simple de atomicidad débil, en otro cuerpo simple de atomicidad más fuerte. El átomo se vuelve más y más pesado, mediante un proceso complicado; pierde su cohesión y le falta la robustez y la resistencia del átomo de helium, que es siempre libre y poderoso por su fuerza de inercia y no forma parte de ninguna combinación química.

En la familia del uranium la materia, por una integración progresiva, llega a la larga, a la alta atomicidad del plomo (206, 5), sin detenerse jamás en su evolución constante; y de ahí que, pase sucesivamente de polonium (210, 5) a rádium (226, 5); y por último, llegue al estado terminal de uranium (238, 5). A partir de la forma de plomo, la materia entra en una fase netamente radioactiva, es decir, en una estabilidad espontánea. Esta integración de la materia se efectúa, probablemente, bajo la influencia de las presiones formidables que existen en el interior de la tierra, como lo afirma Guillaume.

Becquerel, a su vez, dice que la energía de gravitación libertada en la contracción de los astros, se almacena también en los átomos en formación y toma la forma de energía intra-atómica latente; resultando de esta manera que la materia es un gran depósito de energía, como se observa en el rádium, el cual contiene en un solo gramo, tanta energía calorífica latente, como 500 kilogramos de carbón.

*
* * *

La materia, así que llega al máximo de desintegración, y habiendo tocado el alto vértice del uranium, apenas puede mantenerse estable porque espontáneamente pierde su atomicidad, como se observa en un ba-

lón inflado que deja escapar el gas: sus átomos pesados e inestables, se expanden, se disgregan.

En la teoría del sistema solar de Laplace, son los astros más pesados que no pudiendo mantener su cohesión, se escinden en partes más ligeras que se vuelven satélites. Cuando la mayoría declina, sufre un *desintegración* que le conduce hacia la disociación. Debemos hacer notar que esa desintegración de la materia no es una hipótesis, como lo es su *integración*: es un hecho evidéntísimo del cual nos da pruebas constantes la inestabilidad de los cuerpos radioactivos; de modo que la materia, yendo en busca de una mayor estabilidad, forma una serie decreciente de cuerpos simples de atomicidades descendentes.

Rutherford explica la radioactividad de la manera siguiente: supone que los electrones que vibran en el átomo material pierden incesantemente la energía, en virtud de que las vibraciones producen o dan lugar a una continua emisión de ondas electromagnéticas; y, cuando la pérdida de la energía es de consideración, el átomo se vuelve tan inestable, que explota y expulsa una partícula, para formar luego un compuesto más estable.

La radioactividad no es una transformación de la materia, como algunos lo han creído, sino la liberación progresiva de la cantidad de energía extrínseca (probablemente de energía de gravitación), que la materia ha acumulado en el átomo durante su período de integración; o sea lo mismo que pasa en el gas que al esparcirse restituye la energía mecánica que le fuera suministrada durante la compresión.

El mecanismo bien conocido hoy día: y experimentalmente controlado, y por el cual se hace la degradación de la materia por lo menos en la familia uraniana, consiste en la eliminación, por el átomo, de partículas elementales de helium.

El átomo de helium tiene un peso igual a 4, y el de uranium a 238, 5; de modo que si a un átomo de uranium se le hace perder tres átomos de helium, obtendremos el valor de $238, 5 - 12 = 226, 5$, que es el peso atómico del radium; siendo lógico concluir que, en la naturaleza, el rádium se transforma, espontáneamente, a ex-

pensas del uranium.

El siguiente cuadro nos indica la descomposición atómica:

Uranium 238, 5-3 Helium, = Radium (226, 5).
Radium (226, 5)-Helium, = Emanación (322, 5).
Emanación (222, 5)-Helium, = Radium A (218, 5).
Radium A (218, 5)-Helium = Radium B (214, 5).
Radium B (214, 5)-Helium = Radium C (210, 5).

El Rádium C se transforma en Radium D, E, F, cuyo mecanismo de transformación ignoramos.

El Radium F es idéntico al Polonium. Siendo el átomo de Polonium (219, 5) menos condensado que el del Radium (226, 5), tiene menos tendencia a descomponerse y es menos radioactivo. Y si descendiendo algo más en la escala atómica, hacemos perder un átomo de Helium al Polonium, obtendremos un cuerpo cuyo peso atómico es 296, 5; o sea, un elemento estable que deja de ser radioactivo; es decir, un cuerpo que probablemente será el Plomo.

Parece que el helium es el elemento primordial cuyo átomo simple sirve para edificar, es como el elemento constitutivo de los átomos complejos. Pero antes de ocuparnos de esta materia, debemos hacer estas preguntas:

¿Por qué hay tan poco radium sobre la tierra?

¿Por qué desde hace muchos siglos el radium viene disgregándose y desaparece en menos de tres mil años?

¿Porqué hay todavía radium sobre la tierra?

La razón es porque el uranium, con el que siempre y necesariamente se halla mezclado en la naturaleza, se descompone con extrema lentitud y no cesa de producir nuevas cantidades de radium.

Algunos autores opinan que el elemento fundamental del átomo, que es el constitutivo universal de la materia, es una partícula infinitamente más pequeña; razón por la que, podría afirmarse que esa partícula es o puede ser el electrón negativo porque su masa es 1700 veces más pequeña que el átomo de hidrógeno. Por consiguiente, el electrón negativo será para el ser inor-

gánico lo que la célula embrionaria es para el orgánico, esto es, el elemento primitivo de toda constitución atómica; de donde se derivan las más variadas y complejas formaciones; por tanto, mal puede aducirse que el electrón no es elemento de la materia, sino el elemento de energía, puesto que es la esencia de la electricidad; y ello precisamente nos conduce a reconocer que la materia no debe distinguirse de la energía, como se enseñaba en el siglo XIX, sino, que se la considera como una forma, o mejor dicho, como una reunión de formas de energía.

* * *

La energía es indestructible, tanto es así que ningún físico puede aumentar o disminuir un caballo más de fuerza al conjunto de las que transforman el universo. Von Helmholtz estableció definitivamente esta doctrina: «la cantidad de fuerza capaz de obrar en la naturaleza inorgánica es eterna e invariable». El principio fundamental de la conservación de la energía, deducido por Aristóteles, cuando estudiaba el equilibrio de la balanza y la palanca, y desarrollado luego por Leibnitz, cuando en febrero de 1696 tuviera la controversia con Descartes, es de que en materia «de fuerza viva», no puede producirse ni la más pequeña ganancia, como tampoco la más pequeña pérdida. Tal doctrina fue confirmada después, en el siglo XVIII por Lagrange, quien en su «Tratado de Mecánica analítica» sienta como base la ley que proclama la imposibilidad de crear el trabajo mecánico, ley que fue definitivamente demostrada en 1842.

Tres sabios contribuyeron a dar solidez a esta fecunda doctrina. El primero fue Julius-Rebert Mayer, hijo de un farmacéutico de Heilbronn (Wurtemberg) quien juzgó *a priori*, en 1843, que dos cosas semejantes como el trabajo y el calor, son dos formas de una sola y misma cosa»; y demostró experimentalmente, cuando estudiaba los fenómenos térmicos que representan la dilatación de los gases, que la propiedad capital de las «fuerzas» es la indestructibilidad; y concluyó declarando que las fuerzas son objetos imponderables cuantitati-

vamente, pero cualitativamente variables; resumiendo con esta proposición toda la ciencia actual de la energía. Mayer fue también el que observó en sus constantes viajes como médico de una Compañía de Vapores Holandeses, viajes en los que se le ofreciera oportunidad de sangrar a los marineros, que la sangre que se escapaba de sus venas se volvía más roja, a medida que se aproximaban a los trópicos; y dedujo que este fenómeno se debía a que en los países cálidos, el organismo quema menos oxígeno con relación a los países fríos, en donde las combustiones orgánicas son más activas y más intensas, para mantener constante la temperatura de los tejidos; o lo que es lo mismo, que el hombre no solo produce calor, sino también trabajo mecánico, y, que tanto lo uno como lo otro, son dos formas de una misma cosa, que hoy llamamos energía.

El segundo sabio fue Joule, un cantinero que trabajaba en un café inglés, quien llegó a las mismas conclusiones, mediante la observación del calor que se desarrollaba en los hilos metálicos conductores de la electricidad. El admite también la equivalencia del movimiento con el calor; lo cual demuestra de una manera muy sencilla, transformado el trabajo mecánico, en calor, por el frotamiento: asegúra, luego, que puede obtenerse por medio de una misma cantidad de trabajo otra igual de calor, con una relación constante entre estas dos energías.

El tercer sabio fue el médico militar Prusiano Von Helmholtz, óptico notable, y quien poseía profundos conocimientos en acústica, electricidad y matemáticas. Helmholtz partía del mismo principio que informan los descubrimientos de Mayer, es decir, del calor animal; y fue él quien sustentó, de la manera más completa, la teoría de la conservación de la «fuerza» (entonces no se decía la energía), y generalizó la ley de conservación a todas las formas de la energía.

*
* * *

Los principios, de conservación de la materia y de la energía, no son verdades matemáticas puesto que no se

pueden demostrar por el cálculo; son verdades nacidas de la experiencia y de la observación. Si no puede crearse la energía, tampoco se la puede destruir. Este principio es absolutamente contrario a la realización práctica del movimiento perpetuo; ya que no es del todo imposible que los objetos se muevan perpetuamente. Los astros nos dan una prueba: sus movimientos se suceden sin ninguna modificación en el espacio, en vacío sideral, desde hace muchos siglos por cuanto no existe el frote apreciable que pudiera detener su marcha, *o sea lo contrario de lo que observamos sobre la tierra*. Todos los movimientos terrestres tienen por fuerza que vencer los obstáculos de la naturaleza del frotamiento; o en otras palabras, necesitan desarrollar trabajo para este objeto. Además, todo el movimiento del sistema terrestre terminaría, necesariamente, si el trabajo que se desperdicia no se renovara continuamente, en cualquier forma; y, como dice Oswald, no se ha observado hasta hoy el caso de que se produzca trabajo, sin que cualquier otro elemento sufra cambios de mayor o menor consideración.

El interés de la realización práctica del movimiento perpetuo terrestre, sería algo así como la inauguración de una máquina ideal, que habiendo recibido un primer impulso, debería trabajar indefinidamente, lo cual es imposible; ya que jamás se construirá un motor que puesto en marcha siga perpétuamente en actividad, sin que se le suministre una nueva energía que reemplace a la que consume.

* *
✻

La unidad de la energía ha sido estudiada y demostrada experimentalmente por Carnot, en Francia. Los fenómenos, en apariencia autónomos, y que la física los ha estudiado en grupos aislados e independientes, con los nombres de movimiento, calor, luz, sonido, electricidad, etc., tienen un lazo común con la energía, la que se manifiesta por vibraciones de la materia, vibraciones que se propagan en forma de ondas según fuere el radio que les rodea; la forma y rapidez de sus movimientos

periódicos, determinan las diferentes modalidades de la energía.

Fue el siglo XIX la época de la más hermosa concepción de la energía; tanto que Oswald dice que el mundo se nos presenta, desde entonces, no en forma disparatada, o como una colección de objetos sobrepuestos, sino como un gran *todo* cuyas partes están unidas en fuerza de su propio funcionamiento y del mutuo apoyo que se prestan entre sí, como una enorme federación de seres, pueblos y naciones.

Aristóteles admitió la noción de energía, y Thompson la introdujo en la ciencia, sirviéndole de base para el desarrollo de nuevas ideas sobre la energética; de tal modo, que todas las operaciones de la naturaleza no son sino diversas manifestaciones de energía, una e indestructible, pero siempre transformable. Helm expresa que lo que caracteriza el juego de la energía, es su tendencia de pasar de los lugares en que ella posee gran intensidad, a otros donde la tiene en menor escala, o sea, una condición indispensable para las operaciones energéticas demostradas por Nicolás Sadi Carnot, por medio del calor. Este notable hombre de ciencia prueba que el calor desarrollado por una máquina a vapor no produce trabajo sino cuando pasa de una alta a una baja temperatura, tal como se observa en el agua, que no actúa sobre la rueda de un molino, por ejemplo, si no desciende de un lugar elevado hacia el otro en declive. De modo que, para obtener estos efectos, es necesario diferencias de altura o diferencias de temperatura; de lo que se deduce que, no es el agua ni el calor los que producen el trabajo, sino el cambio de posición de uno u otro elemento.

La energía tiene como propiedad característica, su intensidad; de suerte que si ésta es nula, la otra está en reposo; y cuando la segunda es positiva, la energía está en obra; y esta propiedad representa para el agua la diferencia de nivel; para el calor, la diferencia de temperatura; y para la electricidad, la diferencia de potencial.

En el curso de este trabajo, vimos ya que la química no puede destruir ni crear la materia y que lo único

que hace es transformar o cambiar un cuerpo en otro, Así de la hulla negra se prepara la fuschina carmínea, de la arcilla se extrae el aluminio ligero, etc., etc.

La física estudia, a su vez, la transformación de la energía; y su poderoso y fecundo esfuerzo dá a la vida contemporánea su maravillosa actividad en las más diversas manifestaciones que pueden concebirse. Los físicos distinguen dos clases de energías, a saber: la cinética o actual, y la potencial. La primera actúa y se consume; la segunda queda en reserva para acciones ulteriores.

Se llama energía de un sistema, el trabajo que ese mismo sistema puede producir; y, tanto la energía, como el trabajo se mide en kilográmetros y en *joules*.

La energía actual de un cuerpo en movimiento, es el trabajo que se recoge deteniendo ese cuerpo, como es, por ejemplo, el efecto producido por una bala de fusil que choca en un obstáculo. El trabajo de ese cuerpo es igual a la mitad del producto de la masa por el cuadrado de su velocidad: $\frac{1}{2} M V^2$. A esta energía, Leibnits le llama «fuerza viva».

La energía potencial de un cuerpo en reposo es el trabajo que las fuerzas interiores acumuladas en ese mismo cuerpo, efectuarían si éste se hallase libre y pudiera en esta situación obedecer a la acción de esas fuerzas. Nada hay más precioso que esta reserva de la energía en la materia, la que está siempre lista a servir en los momentos que se desea; y esta propiedad se aprecia y se manifiesta, claramente, cuando se arma el gatillo de una pistola, cuyo resorte almacena la energía mecánica que se producirá en cualquier momento, conservándola, bajo la forma de energía potencial la que se transformará en actual cuando sea solicitada, esto es, cayendo sobre la chimenea de la pistola.

Hace mucho tiempo que se conocen las formas y las diversas transformaciones de la energía, abstracción hecha de la muscular; tales como la energía calorífica química y luminosa. La primera es el trabajo que produce una fuerza que desplaza su punto de aplicación: de modo que, si se frota dos pedazos secos de madera, producen fuego, es decir, calor debido al

movimiento. La transformación inversa del calor en movimiento se realiza, en nuestra época, por el conductor que quema el freno, cerrando sobre el volante de las ruedas de su automóvil.

La energía calorífica es el trabajo que desarrolla un cuerpo que consume calor, como se observa en las máquinas a vapor, motores a gas o petróleo, los cuales transforman el calor en movimiento.

La energía luminosa se produce mediante la transformación de la energía calorífica, cuando se somete un cuerpo a una alta temperatura. Esta energía puede a su vez transformarse en energía química como lo hace la clorofila que descompone el ácido carbónico del aire, bajo la influencia de la luz, para provechar el carbono necesario al desarrollo de las plantas.

La energía química es el trabajo que producen las reacciones químicas. En el siglo XIV las primitivas piezas de artillería lo utilizaban en la transformación de la energía química por combustión de la pólvora, en energía mecánica. La energía química es, a decir verdad, energía potencial que la naturaleza ha puesto de reserva en ciertos cuerpos. Un pedazo de carbón quema en el aire y produce calor es energía calorífica; es la transformación de la energía química que posee al estado latente, al estado de energía potencial; el sistema carbón-oxígeno que por la combustión pone en libertad la energía actual que, si no alumbra, su energía potencial se conservaría en reserva, indefinidamente.

El sistema zinc-ácido sulfúrico empleado en las pilas, pierde su energía potencial química para transformarse en energía eléctrica actual. Veamos ahora lo que pasa en la hidráulica: supongamos un volumen más o menos considerable de agua que esté colocado en la cima de una montaña; si hacemos descender el agua pondrá en movimiento una máquina, esto es, producirá energía mecánica bajo la forma de energía actual; por el contrario, si el agua permanece en reposo, es claro, que no obtendremos ningún trabajo, pero ella conservará la misma cantidad de energía disponible, en estado de energía potencial.

De todo lo dicho, llegamos a la conclusión de que las transformaciones de la energía, a más de sus variadas formas, son muy complejas. Por ejemplo, en las máquinas a vapor, el carbón se quema y se oxida, es decir, se ha transformado su energía potencial en energía química. Esta oxidación calienta el agua hasta convertirla en vapor, resultando así la transformación de la energía química en calorífica y por fin, como la presión del vapor mueve los pistones, tenemos la energía calorífica transformada en mecánica.

El sol es para la tierra la fuente más fecunda de toda suerte de energías, supuesto que el calor que irradia puede mantener en actividad una máquina de 600 trillones de caballos de vapor: sus rayos producen energía eléctrica, mecánica y química.

La energía química es la más importante de las que tomamos del sol, puesto que, de todas las que posee, es la que tiene mayor reserva. Los alimentos renuevan las energías que gastamos diariamente, y otros, como los vegetales y las plantas, gracias a la clorofila, toman del sol las energías actino-químicas, por lo tanto, *no hay vida sin sol*.

El sol no brilla sino durante el día; y para que el funcionamiento del sistema del ser viviente, que es lo que constituye la vida, no sufra interrupción, es necesario que el conjunto, es decir, el organismo todo, tenga en reserva una cierta cantidad de energía para consumirla durante la noche; de modo que, si faltare esta reserva, la máquina humana dejaría de funcionar por la tarde, a la hora del crepúsculo, o sea al ponerse el sol, y todo el esfuerzo de la energía solar en el amanecer del siguiente día, sería incapaz de producir o impulsar el más leve movimiento a esa máquina, puesto que la supresión del trabajo, por corto que sea el tiempo que ella dure, traería como consecuencia la paralización de las funciones del organismo humano, es decir, *la muerte*. A la energía química del sol es a la que la industria exige la principal provisión de energía potencial que se explota. Dicho planeta es el que nos dispensa la energía mecánica, elevando sobre la tierra grandes cantidades de agua, que la industria comienza a utilizar.

De lo dicho se infiere que cuando el sol se extinga, la vida durará muy poco sobre la tierra, y que aún esta poca vida será apreciable gracias a la reserva de energía química; que, de lo contrario, terminaría inmediatamente. Por fortuna, los grandes sabios y los eminentes astrónomos están conformes en que el sol no ha desfallecido en nada, tanto así que Nordan calcula que será menester transcurran 30.000 años para que la disminución real de la irradiación solar, sea sensible a los modernos instrumentos de apreciación de este fenómeno.

Helmotz afirma que el sol conserva su energía debido a una contracción progresiva; y, aunque el diámetro de este astro, que tiene 1'391.000 kilómetros, disminuye en cada año 150 metros, recobra el calor perdido por consecuencia del frotamiento de materiales que la gravitación entraña de su superficie hacia el centro. Por otra parte, si esta sola causa actuara, sería necesario de seis a ocho millones de años para que la materia solar se vuelva de una densidad tal, que toda contracción ulterior fuese imposible.

El descubrimiento del radium y su emisión de calor permite augurar para el sol una longevidad enorme, que pasará de muchas decenas de millones de años. Un gramo de este metal desprende cien pequeñas calorías por hora, es decir, puede elevar en una hora, de cero a cien grados la temperatura de un gramo de agua, y, en un año, un peso dado de radium, emite espontáneamente tanto calor como aquel que produciría la combustión de cien veces su peso de hulla.

Curie dice que el radium no desactivado (radium A) tiene siempre un grado de temperatura superior al medio en que se encuentra. Este hecho notable manifiesta que el radium es una fuente extraordinaria de energía, cuya contracción es un trillón de veces más grande que todas las energías potenciales conocidas hasta hoy.

La masa solar contiene una gran cantidad de helium y, como este cuerpo es uno de los productos principales de la disgregación del radium, es lógico pensar que la materia constituyente del sol contiene radium. Bastará que cada tonelada de la masa del sol encierre dos

gramos de helium, para que el radium pueda regenerar el calor incesantemente perdido por dicho astro.

Es de notarse, además, que el calor solar no hace otra cosa que esparcirse sobre el mundo: puesto que la tierra, que se enfría gradualmente, devuelve por irradiación hacia el espacio celeste, el calor que ella recibe del sol. Como dice Tindall «el sol llega a nosotros bajo la forma de calor y nos quita también en la misma forma».

Además de las formas clásicas de la energía, existen varias otras, como quiera que de un año a otro vayan descubriéndose nuevas energías, tales como las que suministran los rayos catódicos, los rayos X y el rayo. Pero, la más fecunda de las innovaciones en esta materia, como el origen y la génesis de todas, fue realizada cuando llegó a aprovecharse de la energía desarrollada por la electricidad, primeramente conocida, que nació del frotamiento del ámbar amarillo, algo así como 600 años antes de nuestra Era y que fue considerada, durante muchos siglos, como una curiosidad y, sin aplicación práctica de ninguna suerte; siendo así que, en nuestro tiempo, la energía más utilizable es la eléctrica, por ser la más preciosa y la más importante de todas, en razón de poseer en grado máximo las cualidades de ser transportable y transformable.

* * *

En las antiguas fábricas industriales, de cualquier naturaleza, se apercibía siempre el ruido producido por el movimiento de las masas de acero de los recipientes sobre los cuales giraban por medio de ruedas de engranaje y de bandas sin fin, que transmitían a las máquinas la fuerza o energía mecánica que les era necesario; y esta fuerza la recibían de igual manera, de una máquina de vapor o de una rueda de molino. Pero con el andar de los tiempos, con las reformas introducidas en todos los elementos necesarios para la producción industrial, ese ruido ha desaparecido por completo, y a lo largo de los severos muros de un fábrica, serpentean hoy hilos metálicos que conducen silenciosa y suave-

mente la energía que ha menester una maquinaria; y si antes se les daba movimiento, con un ruido insorpotable, en el hierro viejo de los engranajes, hoy, la electricidad se ha encargado de producirlo en silencio, y, así vemos ahora que, a gran distancia de una planta eléctrica se establece una fábrica cualquiera, que el agua de una montaña cede su fuerza a un generador, que más allá se mueven los tranvías, que las lámparas reciben la energía eléctrica y brillan con luz intensa y permanente, y, por último, que todo lo que podía moverse por medio de bandas sin fin, se lo impulsa hoy por la electricidad.

La transformación de la energía por la electricidad se produce con el auxilio de tres factores principalísimos, que se llaman: energía *mecánica*, *calorífica* y *química*, pudiendo engendrar la eléctrica nuevas energías. La eléctrica, en cuanto a su origen, puede obtenerse por medio de la energía mecánica, tales como las máquinas estáticas, o valiéndonos de la calorífica, como una pila termo-eléctrica, o con la energía química representada por la pila de Volta, y con relación a su punto de llegada, tenemos diversos aparatos receptores que transforman la energía eléctrica, ya sea en calorífica (lámparas y cauterios), ya en energía química (aparatos de electrolisis) o ya que produciendo energías que jamás fueron conocidas, como la ampolla de Crooks, etc.

El transporte de la fuerza motriz por medio de la electricidad, con el fin de aplicarla a las industrias, fue realizado por primera vez en el año de 1873, en la Exposición de Viena, valiéndose de un motor de gas que ponía en movimiento un dínamo generatriz, cuyos polos se hallaban unidos por medio de un circuito de un kilómetro a un dínamo receptor que se movía por una corriente accionada por una bomba de agua.

Los pescados eléctricos, gimotas y torpillas, ofrecen cierto interés desde el punto de vista de las relaciones de la energía mecánica y eléctrica. Sabemos que estos pescados producen descargas eléctricas intensas que pueden iluminar lámparas, y entre cuyos polos, colocados como están en la cabeza y en la cola, se verifica la descarga, con un período latente de 0,005 por segundo, que es igual al de la atracción muscular, puesto

que sus órganos eléctricos tienen, desde el punto de vista embrionario, gran analogía en los músculos que producen mucho trabajo mecánico y poco trabajo eléctrico.

La electricidad no hace otro papel que el de intermediaria entre la producción y el consumo de energía, sea la fuente mecánica, térmica o calorífica; es la energía que asimila y la detalla, que transporta y transforma, según nuestras necesidades.

Jannet dice, que así como la industria emplea materias primas y las suministra elaboradas, de igual manera la electricidad emplea cierta energía primaria, y forma energías fabricadas.

Y decimos que la electricidad no hace sino el papel de intermediaria, porque no la utilizamos sino después de haberla transformado en una nueva energía, tales como el calor en los cauterios, el movimiento en los motores, la acción química, en la electrolisis, etc.; es el más perfecto de los medios de transformación conocidos (engranajes, bandas de transmisión), con la doble ventaja de conducir la energía a distancias considerables y transformándola, a voluntad, en todas sus formas.

La energía, cualquiera que ella fuese, puede degradarse al tiempo en que, transformándose en otra muy distinta, pierde simultáneamente una cierta cantidad de energía calorífica no utilizada, y esta energía que se desperdicia se llama degradada. Síguese de esto, que todas las formas de energía pueden degradarse, tales como la energía mecánica, la eléctrica, la calorífica, etc.

La primera, es una parte del trabajo que se transforma en calor por efecto del frotamiento de las partes que constituyen el sistema mecánico.

En la segunda, una fracción se transforma en calor, calor que calienta los conductores por donde ella atraviesa. Esta pérdida de energía eléctrica por degradación calorífica, fue la que mayores dificultades ofreciera al principio, en el transporte de la corriente eléctrica hasta las primeras instalaciones de industrias o fábricas servidas con esta fuerza; mas, esa pérdida desapareció totalmente, o se hizo, por lo menos, cada vez más insensible, cuando se logró elevar la tensión de las corrientes,

gracias al empleo de los transformadores, que disminuyen el número de ámperes que se necesitan.

Es la energía calorífica degradada, parte del calor que se desperdicia cuando se la suministra a las máquinas a vapor, que calientan, por conductibilidad, las piezas vecinas, notándose que el calor producido por alta temperatura se degrada en menor escala, que el que se origina por baja temperatura.

De manera que el calor, no es sino una forma de energía de calidad muy inferior a cualquiera otra, en virtud de que en las moléculas, están las partículas elementales de la materia, en perfecta agitación: la energía, es la fuerza viva de estos movimientos, correspondiendo a las diversas formas de la una, diversos tipos de las otras; así como cuando ellos producen energía calorífica, esos movimientos, se originan al azar en todo momento.

Por eso, algunos autores comparan las moléculas de un cuerpo caliente con una reunión de individuos que marchan al acaso, sin poder aunar sus esfuerzos ácia un objeto determinado; lo que quiere decir que, si la energía busca siempre la forma de calor, es porque el movimiento desordenado es el que mayor facilidad tiene para producirse y el más favorable para obrar. Y, si consideramos, por una parte, que todas las formas de energía, en el curso de las incesantes evoluciones, tienden a transformarse en calor, y, por otra parte, que los cuerpos calientes tienden a enfriarse y los fríos a calentarse, veremos que todo aquello es una energía degradada.

Se sabe que el mundo evoluciona hacia un estado en que todos los cuerpos estén a una misma temperatura; y, en consecuencia permanecen en un estado de reposo eterno, en razón de que todas las causas que establecen diferencias de temperatura, dejan de existir.

Clausius, sabiamente ha proclamado su ley: «*L'entropie de l'univers tend vers un maximum*»; ley, según la que Thomson ha podido calcular que tal cosa se efectuará dentro de 40.000 años y que entonces cesará la vida, y, la «muerte del calor» acabará por reinar en la tierra. Esta concepción se halla perfectamente de

acuerdo con el principio de conservación de la energía, que aunque se degrade, no se destruye; es decir, que la *calidad* de la energía viene muy a menos de día en día, pero su *cantidad* queda inmutable. De modo que la tierra, al siguiente día de su muerte encerrará tanta energía como la que tuvo el día de su nacimiento; pero esta energía habrá perdido su intensidad y no será sino la energía en equilibrio, o como un ensueño definitivo; y, en consecuencia, ella será eternamente inactiva.

Quito, 1923.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL