

mera de que se enorgullece la locura humana: el amor puro, el amor casto, el amor celeste de las monjas y de los santos (1).

(1) El amor maternal, que ha tomado en la especie humana una significación moral tan elevada, no ha tenido como origen primero, en las hembras de los mamíferos, sino el deseo de desembarazarse de su leche; en los pájaros habrá sido algo por el estilo; y además, en un gran número de especies animales, el sentimiento maternal no existe: los padres no conocen á sus hijos.

## PRIMER APÉNDICE

### COMPLEMENTO AL PÁRRAFO 3.

#### Las formas de la energía.

La primera acepción de la palabra *trabajo* ha sido sin duda puramente humana; un hombre decía que había trabajado cuando había realizado, á costa de un esfuerzo, una transformación útil del medio ambiente; se llamaba *energía* la aptitud de cada cual para producir más ó menos labor, su *capacidad de trabajo*.

Más tarde, se imaginó emplear en provecho del hombre ciertos movimientos naturales; el viento, los saltos de agua, nos ahorraron de tener que moler nosotros mismos nuestro trigo; la noción de trabajo se extendió á máquinas cuyo funcionamiento era útil al hombre; se graduó la *energía* de estos sistemas de la naturaleza bruta; fué posible hacer esta evaluación con precisión, *medir* el trabajo producido, y la noción de energía dejó el mundo humano para entrar en la mecánica.

Diversas transformaciones del mundo ambiente son útiles al hombre.

El desplazamiento más ó menos rápido de los objetos, unos respecto de otros, promete resultados extremadamente variados; se reúne estos resultados bajo la denominación común de *trabajo mecánico*.

La combustión y las demás transformaciones de orden químico determinan:

De una parte, fenómenos caloríficos que el hombre utiliza, ya directamente para calentarse, ya indirectamente para producir otros fenómenos químicos (coc-

ción de los alimentos), ó fenómenos mecánicos (máquinas térmicas).

De otro lado, los fenómenos luminosos de que el hombre se sirve, ya directamente para iluminar los objetos que le rodean, ya indirectamente para producir otros fenómenos químicos (la fotografía, por ejemplo).

De otro lado aún, fenómenos eléctricos que el hombre casi no emplea directamente, sino en ciertos casos médicos, pero que utiliza cada vez más para la producción de movimiento ó de reacciones químicas nuevas.

Así, pues, utilizando convenientemente la combustión, se pueden realizar transformaciones con arreglo á todos los modelos conocidos por el hombre; de igual modo, un fenómeno mecánico puede dar origen á manifestaciones caloríficas, luminosas, eléctricas, químicas; el calor solar alimenta los ríos y los torrentes, transportando el agua á las alturas; hace crecer los árboles, cuya madera nos sirve para encender el fuego; la actividad del mundo ambiente se compone de una serie de transformaciones de modelos diferentes; se da á estos diversos *modelos de transformaciones* el nombre de *formas de la energía*.

Los sabios del siglo XIX han establecido la *equivalencia* de las diversas formas de la energía; han aprendido el número exacto, el valor particular de cada transformación de un modelo dado, y se han esforzado luego en demostrar que una misma cantidad de cualquier forma de energía se encuentra siempre transformada en cantidades *equivalentes* de las demás formas de energía; de modo que á cada momento la energía total de un sistema *aislado* no ha variado. En realidad, esta misma equivalencia es la que ha servido para evaluar las cantidades de energía distintas de la energía mecánica, en función de la energía mecánica, única mensurable en el sistema fundamental de las unidades humanas. Sea lo que fuere, el principio de la *conservación de la energía* es hoy la base de todos los cálculos científicos.

Hay, además, que observar que en el curso de todas las investigaciones, cada vez más precisas, á las cuales ha dado lugar el principio de equivalencia, la noción

primitiva y humana de energía se ha modificado ligeramente; ya no se trata hoy de la aptitud de un sistema para proporcionar al hombre más ó menos trabajo: se habla corrientemente de la *energía utilizable*, por oposición á la *energía inutilizable*, que en el antiguo concepto no hubiera tenido sentido. Esta modificación ha sido necesaria al rigor del principio de la conservación de la energía desprovisto de sus trabas humanas; *con relación al hombre*, el principio de la conservación de la energía no es más que una *ley aproximada*, á la cual hay que añadir como correctivo un *principio de evolución* que domina toda la física. He estudiado estas cuestiones en otra parte (1), y me limito á recordar aquí lo que es necesario para comprender esta pregunta que encubre preocupaciones de orden metafísico: «¿Representan los fenómenos vitales una forma especial de la energía?»

Por de pronto, ¿qué se entiende por forma *especial* de la energía? Convenido que las diversas formas de la energía, conocidas del hombre, son transformables una en otra, y que, por consecuencia, nada esencial permite separarlas en el monismo universal; lo que las distingue es el aspecto de sus relaciones con el hombre, es la manera con que el hombre las conoce, y, por consecuencia, si no atribuimos al punto de vista humano un valor absoluto, nada nos obliga á limitar, con arreglo á las sensaciones del hombre, las formas de la energía. La biela de una máquina de vapor recibe del émbolo un movimiento alternativo que su articulación con la manivela transforma en movimiento rotatorio; el movimiento alternativo de vaivén y el movimiento rotatorio, ¿merecen ser llamados formas *diferentes* de la energía? Recuerdo haber experimentado en mi infancia una gran dificultad en comprender esta transformación de movimiento, que la física elemental que yo sabía no explicaba suficientemente (probablemente porque el autor había juzgado la cosa demasiado clara), y no he olvidado la alegría que me produjo la vista de una máquina de afilar, en que me fué posible seguir

(1) *Les lois naturelles*, Fañs, Alcan, 1904.

varios días con admiración intensa el juego de la biela y el de las manivelas. En cuanto al juego de la excéntrica, no le comprendí hasta mucho más tarde, cuando vi una máquina de vapor. Recordando actualmente cuán extraordinarios me han parecido estos mecanismos, no puedo menos de preguntarme en qué se decidirá que la diferencia entre dos modos de actividad sea suficiente para que se las refiera á formas distintas de la energía; la regla más ordinaria es que toda actividad que se transmite se transforma más ó menos. ¿A qué se llama, pues, forma *especial* de energía?

Si refiero la historia de una locomotora, diré que la combustión del carbón por el intermedio del vapor de agua determina un movimiento de vaivén del pistón á consecuencia de una especial disposición de la máquina; ese movimiento de vaivén se transforma por el intermedio de un movimiento rotatorio y del frotamiento de las ruedas sobre los rails en un movimiento continuo de traslación hacia adelante. ¿Tengo el derecho de establecer entre el calor y el movimiento del pistón que de él resulta indirectamente, una línea de demarcación más profunda que la que establezco entre el movimiento de vaivén, el de rotación y el de traslación? Tal vez mi única razón de obrar así procede de que aplico primitivamente la misma denominación de *movimiento* á cosas tan diferentes como una rotación y una traslación, fenómenos que en realidad sólo tienen de común la manera con que los observamos con nuestros ojos, mientras sentimos el calor por otro procedimiento. Este es siempre el punto de vista humano.

Otra cosa. Llamamos *forma de energía* á un *modelo de transformación*. Si esto es así, ¿podemos hablar de energía *acumulada* bajo cierta *forma*? ¿Hay una definición *estática* de las formas de energía?

He aquí un litro de agua suspendido á un metro por encima de un punto dado. Si este litro de agua desciende desde un metro, habrá realizado cierto trabajo fácil de calcular; pero este trabajo, ¿lo realizará forzosamente bajo la forma mecánica de caída? ¿Sería absurdo suponer, por ejemplo, que una parte de este trabajo podría manifestarse *directamente*, bajo forma

calorífica, por una evaporación seguida de una condensación al nivel de una pared fría?

Lo que nos permite establecer el principio de la conservación de la energía, es una relación entre el estado inicial y el estado final de un sistema, sin alusión alguna á las *formas* de los fenómenos intermedios. Y el estado final y el inicial, ¿son susceptibles de una descripción verdaderamente estática? Esta palabra *estática* es peligrosa, y corresponde á ideas falsas en el espíritu de muchos filósofos.

Colocándonos, por ejemplo, en la teoría cinética, el aspecto estático de un sistema es simplemente la consecuencia de la particularidad de que la naturaleza de los movimientos que en ellos se producen no sufre, mientras se les observa, transformación alguna; pero con arreglo á la *forma* que tienen estos movimientos, en el momento en que se observa un *estado*, no se puede prever el *modelo de transformación* que seguirá cuando las circunstancias cambien; se puede únicamente calcular la cantidad de energía que se tendrá disponible en ciertas circunstancias. Las consideraciones relativas á las *formas de energía* sólo tienen un interés secundario, puesto que se refieren á fenómenos adventicios.

He aquí, por ejemplo, un salto de agua de gasto constante; este salto está sostenido indirectamente por la energía solar; le empleo en hacer girar una turbina que acciona sobre una dinamo, y utilizo el funcionamiento de esta dinamo para cargar un acumulador. ¿Qué es lo que he acumulado en mi acumulador? ¿La energía solar, la energía del salto de agua, la energía de la turbina ó la eléctrica?

Mi acumulador cargado presenta la particularidad de que es susceptible de una descripción estática cómoda; el conjunto de los fenómenos que acabo de describir da por resultado la fabricación de peróxido de plomo; hubiera podido obtener la misma fabricación por otros procedimientos. De igual modo puedo utilizar la energía acumulada bajo esta forma particular, ya haciendo restituir la electricidad por mi acumulador, ya transportando á otra parte mi peróxido de plomo y empleándole en el uso que me plazca. Entre

estas dos etapas del fenómeno, calor solar y peróxido de plomo, he podido describir cierto número de intermediarios, como la evaporación del agua, la condensación, el salto de agua, la turbina y la dinamo, pero no tengo razón alguna para suponer que estos intermediarios tengan, fuera del punto de vista humano, una importancia mayor que otros intermediarios que no cito porque no los conozco.

Se acostumbra á decir que se acumula electricidad en el acumulador, porque se emplea éste ordinariamente para restituir corrientes eléctricas, pero se le podría utilizar para cualquiera otra cosa. Además, se podría, en vez de un acumulador de láminas de plomo, emplear un aparato que realizase otra síntesis química. Así, pues, de una parte, el mismo acumulador puede ser utilizado para producir diversas formas de energía, y de otro lado, las mismas formas de energía pueden determinar, en acumuladores diferentes, síntesis químicas también distintas. Ya se ve todo lo que tiene de contingente la consideración de las formas de energía.

En el caso de las sustancias químicas se emplea la misma expresión, síntesis química, para referir la formación de cuerpos diferentes; de igual modo para el vaivén, la rotación y la traslación, hemos empleado sólo la palabra *movimientos*. La misma cuestión se plantea cuando se trata de almacenes estáticos de energía. ¿Hay razones para dar una denominación única á todos los almacenes de energía química? Es fácil, al menos si se toma esta determinación, agregar á cada almacén de *energía química* una denominación particular, *específica*, ó sea el nombre de la *especie química* considerada.

Todas estas consideraciones, un poco sutiles, preciso es confesarlo, no son inútiles al examen de la cuestión que han planteado ciertos sabios, de saber si se puede encontrar en la vida una forma particular de energía. La observación más elemental nos prueba que los seres vivos de las diversas especies se distinguen no sólo por su forma, sino por su modo de actividad; cada cual obra según su naturaleza, y si se hace abstracción de las diferencias individuales, que están muy

lejos de ser despreciables, será preciso, al menos, resolverse en una primera aproximación, á admitir la existencia de tantos *modelos de transformación de actividad* como *especies* hay, animales y vegetales. Cada uno de estos modelos es *extremadamente complejo*, y no podemos actualmente dar de ninguno de ellos una descripción total que nos permita prever cuál será su modo de actividad en circunstancias dadas.

¿Hay algo de común á todas estas formas específicas de actividad? Esto es verosímil *a priori*, puesto que sabemos ordinariamente y sin dificultad declarar que tal objeto es un ser vivo y que tal otro es un cuerpo bruto: nuestro primer objetivo debe ser, pues, averiguar qué carácter le reconocemos, qué mecanismos tan diferentes en un grillo, un gusano de tierra y un nabo, merecen la denominación común de seres vivos. Este carácter no lo encontramos evidentemente en los resultados *exteriores* de la actividad de estas tres especies consideradas como transformadores de actividad; estos resultados exteriores son, en efecto, específicos y no presentan carácter alguno de generalidad.

Un *hombre* consume ciertos alimentos y proporciona trabajo de hombre; un gusano de tierra consume alimentos diferentes y proporciona un trabajo también diferente. Lo que hay de común á ambos casos es, pues, que ciertos trabajos resultan en cada uno de ellos de un cierto gasto; pero se puede decir lo mismo de cualquiera máquina que no es viva.

En una máquina de vapor se encuentra una comprobación del principio de la conservación de la energía, es decir, que el trabajo (1) exterior total representa el valor de los materiales consumidos salvo una pequeña cantidad, variable con las máquinas, y que ha tenido por efecto determinar una modificación *interior* de la máquina; lo mismo sucede en un ser vivo: el trabajo exterior suministrado representa el valor de los materiales consumidos salvo una cantidad, variable con las especies, con los individuos y hasta con la edad

(1) Entiéndase que la palabra *trabajo* representa aquí, evaluada en una unidad común, todas las formas de energía resituidas por la máquina (calor, humo, etc.).

de los individuos, y que ha tenido por efecto determinar una modificación *interior* del ser vivo.

Se dice que un animal es adulto cuando esta modificación interior es poco sensible para una gran cantidad de transformaciones interiores; consideremos, por ejemplo, un hombre en la fuerza de la edad; podemos quedar un mes sin verle, y no encontraremos que se haya modificado sensiblemente, y, sin embargo, durante este mes ha proporcionado el trabajo de su profesión, ha fabricado ácido carbónico, orina, etc., consumiendo oxígeno y alimentos variados. Si nos limitamos al estudio de los seres adultos, nos costará trabajo encontrar la característica común á los seres vivos, puesto que cada uno de ellos se comporta como un transformador de actividad de un modelo especial. Puesto que no es posible establecer paridad entre las transformaciones exteriores determinadas por las especies vivas, debemos buscar el *quid proprium* que caracteriza la vida en las transformaciones interiores que acompaña á la actividad vital, y es lógico referirse para esto á las épocas de la existencia individual durante las cuales estas transformaciones interiores son más sensibles, es decir, escoger cualquier otro estado que no sea el estado adulto.

En el estado adulto se podría escribir la ecuación: «la energía consumida por el individuo es igual á la energía transformada por él y restituida al exterior con muy *poca diferencia*»; precisamente este correctivo «con muy poca diferencia» es el que va á sernos útil ahora, porque las pequeñas variaciones del individuo se acumulan en el curso de los tiempos y nos permiten caracterizar la vida.

Apliquemos, por ejemplo, el principio de la conservación de la energía al conjunto de las transformaciones producidas por un hombre desde la edad de un año hasta la de treinta; podremos escribir:

«La energía consumida por el individuo desde la edad de un año á la de treinta es igual á la energía transformada por él y restituida por él durante esos veintinueve años, aumentada con cierta cantidad que representa la diferencia entre la energía almacenada en el hombre de treinta años y la energía almacenada en el niño de un año.»

Entre el hombre de treinta años y el niño de uno las diferencias son múltiples; se manifiestan tanto en el mecanismo como en la cantidad de substancia constitutiva, y, según las tendencias del observador, éste será más inmediatamente impresionado por tal ó cual de estas diferencias. No solamente el hombre es más grande que el niño, sino que es una máquina distinta que funciona de una manera diversa.

Debemos repetir aquí lo que hemos dicho precedentemente respecto de los acumuladores eléctricos: un acumulador cargado por una corriente eléctrica puede en ciertas condiciones restituir una corriente eléctrica, pero en otras condiciones puede devolver, bajo una forma distinta, la energía que ha almacenado y, lo que es importante, desde el punto de vista de esta energía, no es el dispositivo mecánico del acumulador, sino la cantidad de substancia química de que está cargado.

De igual modo, un hombre de treinta años, residuo de treinta años de trabajo de hombre, puede, en ciertas circunstancias, continuar suministrando trabajo de hombre, pero puede también, si le ocurre un accidente objetivamente poco importante, el aplastamiento del nudo vital, convertirse en un transformador de distinta naturaleza, en el cual el principio de la conservación de la energía no cesa de aplicarse.

Lo que es, pues, importante, desde el punto de vista de la evaluación de la energía acumulada en el individuo, es, no ya el mecanismo del hombre, sino la cantidad, la naturaleza y la disposición de las substancias químicas que le constituyen.

Así, pues, colocándonos en el punto de vista energético, tenemos que considerar como un fenómeno de la primera importancia la fabricación de las substancias químicas constitutivas.

No es que la estructura del mecanismo no sea igualmente muy digna de estudio; hemos visto, por el contrario, que el punto más interesante de la Biología es la prueba del paralelismo existente entre la estructura individual y la composición química. Recordemos solamente que la investigación, desde el punto de vista energético, de algo común á todos los seres vivos, nos ha conducido á una fórmula química. Hemos

visto anteriormente lo que hay de común á las fórmulas químicas de las especies animales y vegetales.

Esto nos lleva á la pregunta inicial, de que hemos de confesar nos hemos apartado un tanto: ¿Puede encontrarse en la vida una forma especial de la energía? Si se acepta el considerar tantas formas de energía como especies químicas hay, la respuesta no es dudosa: hay tantas formas especiales de energía como especies vivas, puesto que cada especie viva tiene su actividad química propia. Si se conviene, por el contrario, en reunir bajo la apelación común de *energía química* todas las formas específicas de energía, el problema consiste en saber:

1.º Si las energías específicas de las diversas especies vivas pueden ser consideradas como incluidas en el cuadro general de la energía química, ó si se distinguen de ella de cierta manera.

2.º Si (en el cuadro de la energía química, ó fuera de este cuadro, según la respuesta á la primera pregunta) todas las energías específicas merecen ser reunidas bajo una denominación común de *energía vital*.

Cuando nos colocamos en el punto de vista de la conservación de la energía, no tenemos para qué ocuparnos de las manifestaciones intermedias, y nos contentamos con comparar el estado inicial y el estado final; por el contrario, para resolver las dos cuestiones precedentes hay que observar á cada instante las manifestaciones de todo orden de la actividad vital. De igual modo, desde el punto de vista de la conservación de la materia, nos limitamos frecuentemente á comprobar que todos los materiales que han entrado en una reacción se encuentran en sus productos; no es menos interesante ver las manifestaciones caloríficas eléctricas que acompañan á estas reacciones. Algunos autores han pretendido que todas las actividades vitales tienen por consecuencia común la producción de ciertos fenómenos físicos, que no pertenecen á la naturaleza bruta; una obra ha sido titulada: «La vida, modo de movimiento» (1). El reciente des-

(1) Preaubert. París, F. Alcan.

cubrimiento de las radiaciones N ha dado á estas ideas una boga pasajera, aunque estas radiaciones especiales pueden originarse, tanto en cuerpos brutos comprimidos como en seres vivos.

No conocemos reacción química que no se acompañe de fenómenos físicos; hasta se puede afirmar que los fenómenos físicos son diferentes según la naturaleza de los cuerpos que reaccionan; tal reacción da luz azul, tal otra, luz roja; hay, pues, radiaciones de longitudes de ondas variadas y que corresponden á reacciones químicas determinadas; si las reacciones vitales se acompañan de radiaciones cuyas longitudes de onda están comprendidas entre ciertos límites, esto probará, sencillamente, en las substancias vivas la existencia de una particularidad química especial, lo que nadie duda, puesto que las substancias vivas se *distinguen* de las substancias brutas.

En el fondo, detrás de estas investigaciones, se ocultan preocupaciones poco científicas y que corresponden, si no me engaño, á un error de método.

Cuando, en vez de limitar nuestra observación á seres vivos distintos de nosotros, nos observamos á nosotros mismos, advertimos la particularidad especial de nuestro mecanismo, que hace que podamos reflexionar; en vez de limitarnos á hacer constar su existencia, tenemos la preocupación metafísica de *explicarla*; no podemos saber si esta particularidad existe fuera de nosotros, pero tenemos tendencia á creer, por razones de semejanza, que existe en nuestros semejantes y que falta á las substancias brutas; por eso no nos molesta creer que una manifestación de orden físico nos distingue de los cuerpos brutos, correspondiendo á este pensamiento y reflexión de que nos suponemos únicos propietarios.

Que haya una relación de causa á efecto entre nuestra actividad vital y las radiaciones que pueden emanar de nosotros, no me parece dudoso, como no puedo poner en duda la unión que existe entre la combustión y la detonación de la pólvora; pero que estas emanaciones constituyan un transporte de nuestro pensamiento, me parece que aún no está demostrado; de igual modo, aunque yo oiga de lejos el silbato de la lo-