

CAPÍTULO VIII

TRANSFORMACIÓN Y EQUIVALENCIA DE LAS FUERZAS

66. Desde que la Ciencia pudo auxiliar á los sentidos con instrumentos de precisión, que son como sentidos suplementarios, se comenzó á percibir diversos fenómenos, que los ojos ni los dedos habían, hasta entonces, podido hacer perceptibles; se hicieron apreciables manifestaciones más delicadas de las formas de fuerza, ya conocidas; y nuevas formas antes incógnitas, pudieron ser estudiadas y medidas. Aun en los casos, en que se había admitido á la ligera, que ciertas fuerzas se aniquilaban, la observación, ayudada de los instrumentos, ha probado: que dichas fuerzas producían siempre algunos efectos; que, lejos de anularse, reaparecían bajo nuevas formas. De este modo se llegó á plantear la cuestión general de si la fuerza productora de cada fenómeno, se metamorfosea, ó cambia siempre en otra ú otras, cuando parece que se gasta ó anula. La experiencia ha dado á esa cuestión una respuesta afirmativa, que cada día es más segura. Meyer, Joule, Grove y Helmholtz, han contribuido, en primera línea, á popularizar esa idea; examinemos detenidamente las pruebas que la demuestran.

En todos los casos en que podemos reconocer directamente el origen de un movimiento, se halla que preexistía bajo forma de fuerza. Nuestros propios actos voluntarios tienen siempre por antecedentes ciertas sensaciones de tensión muscular. Cuando dejamos caer un miembro, por su propio peso, tenemos conciencia de un movimiento corporal que no ha exigido ningún esfuerzo, pero que se explica por el esfuerzo que hicimos, al elevar el miembro á la posición de que ha caído. En este caso, como en el de un cuerpo inanimado que cae, la fuerza acumulada por el movimien-

to de caída es exactamente igual á la que se había empleado ó que se necesitaría emplear para elevarle á la altura de que cae. Todo movimiento que se pára, produce, según las circunstancias, calor, luz, electricidad ó magnetismo. Desde la simple calefacción de las manos, frotándolas, hasta la ignición de un freno de tren, al apretarle y sufrir el intenso roce consiguiente; desde la chispa del pistón percutido, hasta la inflamación de un pedazo de madera por un corto número de choques de un martillo de vapor, hay una infinidad de ejemplos en que se produce calor al cesar un movimiento. Además, ese calor, así engendrado, crece proporcionalmente á la cantidad de movimiento anulado, en apariencia, y disminuye, al disminuir el frotamiento ó el choque que anula dicho movimiento. Sabido es que se produce electricidad por el movimiento en el frote del lacre ó la resina, en la máquina eléctrica ordinaria, en la hidro-eléctrica, etc.; y, en general, doquier se verifique frotamiento de cuerpos heterogéneos. El magnetismo puede resultar de movimiento, sea inmediatamente, como percutiendo hierro, sea indirectamente, como por corrientes eléctricas, previamente producidas por movimiento. Este puede producir también luz, ya directamente, como en las chispas que hacen saltar los choques violentos, ya indirectamente como en la chispa eléctrica. «Por último, las fuerzas engendradas por movimientos, reproducen también movimientos; ejemplos: la divergencia de las hojas del electrómetro, la rotación de la rueda eléctrica, la desviación de la aguja inmantada, que, si resultan de la electricidad desarrollada por frote, son movimientos visibles, reproducidos por esos modos invisibles de fuerza, engendrados á su vez por movimientos».

La forma de fuerza que llamamos calor, es considerado, ya hace algunos años, por los físicos, como un movimiento molecular, es decir, un movimiento interno y vibratorio de las unidades invisibles de que se componen las masas. Dejando de considerar el calor, como la sensación particular que nos causan los cuerpos, en ciertas condiciones, y estudiando los otros fenómenos que esos cuerpos presentan y producen, no se observa en todos ellos más que movimientos. Salvo una ó dos excepciones inexplicables por todas las teorías del calor, los cuerpos calentados se dilatan, y la dilatación no puede indudablemente interpretarse, sino como la suma de movimientos de las moléculas ó unidades de masa, alejándose unas de otras. Lo que se llama radiación, ó sea la comunicación

del calor á distancia, es evidentemente un movimiento, como lo es también la prueba que de ella suministra el termómetro, la dilatación de la columna termométrica. Un ejemplo, ya común, de que el movimiento molecular, llamado calor, puede transformarse en movimiento visible, es la máquina de vapor, en la que «el émbolo y todos los cuerpos á él unidos; son puestos en movimiento por la dilatación del vapor de agua». Aun en casos en que el calor es absorbido sin dar resultado aparente, las investigaciones modernas han probado la existencia de cambios bien notables, como por ejemplo, el vidrio, cuyo estado molecular se modifica por el calor, hasta el punto de que un rayo de luz polarizada que le atravesase, se hace visible, no siéndolo, cuando el vidrio está frío; ó en las superficies metálicas pulimentadas, cuya estructura cambia de tal modo, por la radiación calorífica que reciben, que conserva, á veces, el cambio permanentemente.

La transformación del calor en electricidad, se produce cuando se calienta la superficie de unión de dos metales en contacto, en cuyo caso se desarrolla una corriente eléctrica. Introduciendo una sustancia sólida en un gas muy caliente, por ejemplo, un pedazo de creta en la llama de oxidrógeno, se pone candente, lo que muestra la conversión del calor en luz. Si no es fácil probar la transformación directa del calor en magnetismo, sí lo es la transformación indirecta, por medio de la electricidad. El mismo intermedio sirve para establecer entre el calor y la afinidad química, la correlación que hacía ya suponer la influencia del calor en las combinaciones y descomposiciones químicas.

El paso de la electricidad á los otros modos de fuerza, y recíprocamente, es aún más fácilmente demostrable; ya es una corriente eléctrica que engendra magnetismo en una barra de hierro dulce, ya un imán en rotación que engendra corrientes eléctricas; ya una pila en que acciones químicas producen una corriente; ya corrientes que producen efectos químicos.

En los reóforos se puede apreciar la transformación de la electricidad en calor; en la chispa y en el arco voltaico, su transformación en luz. La disposición molecular sufre también alteraciones por la acción de la electricidad; por ejemplo: el transporte de la materia de un polo al otro, las roturas que producen las descargas, las cristalizaciones por corrientes eléctricas. Inversamente, toda nueva disposición molecular, produce, al efectuarse, ya directa ya indirectamente, electricidad.

Indiquemos, siquiera sea brevemente, el paso del magnetismo á las otras fuerzas físicas; y decimos brevemente, porque la mayoría de los ejemplos que siguen son inversos de los ya citados. Produciendo movimiento es como el magnetismo manifiesta generalmente su existencia; en la máquina electro-magnética, un imán en rotación produce electricidad, y ésta puede producir inmediatamente luz, calor y afinidad química. El descubrimiento hecho por Faraday de los efectos del magnetismo sobre la luz polarizada, lo mismo que el del calor que acompaña á los cambios del estado magnético de un cuerpo, indican nuevas conexiones entre esas formas de la Fuerza. En fin, diversas experiencias demuestran que la imantación de un cuerpo cambia su estructura íntima, y recíprocamente, el cambio de la estructura de un cuerpo por acciones mecánicas, cambia su condición magnética.

Todas esas fuerzas pueden también ser engendradas por la luz, aunque parezca improbable. En efecto, los rayos solares cambian la estructura molecular de algunos cristales; gases mezclados, que no se combinan de otro modo, se combinan á la luz solar, y al revés, en ciertos compuestos, la luz produce la descomposición. Desde que los trabajos fotográficos han hecho fijar la atención en los efectos de la luz sobre los cuerpos, se ha visto que «un gran número de éstos, tanto elementales como compuestos, son notablemente modificados por aquélla, aun algunos, como los metales, que parecen poco susceptibles de modificación». Cuando se pone en comunicación una placa daguerreotípica expuesta á la luz con un galvanómetro, se obtiene: una acción química en la placa, electricidad dinámica en los hilos, magnetismo en el interior del circuito, calor en la hélice y movimiento en las agujas.

Casi no es necesario decir que las acciones químicas pueden engendrar todas las demás formas de fuerza, pues bien sabido es que la inmensa mayoría de las combinaciones producen calor, y si las afinidades son intensas y las condiciones á propósito, también se produce luz. Las acciones químicas, que implican un cambio de volumen, engendran movimiento, tanto en los elementos que reaccionan, como en los cuerpos próximos; ejemplo la explosión de la pólvora en las armas de fuego. La electricidad de las pilas es debida á las acciones químicas, y por el intermedio de aquélla éstas producen también magnetismo.

Los ejemplos anteriores tomados, la mayoría, del libro de M. Grove *Correlación des forces physiques*, nos prueban que cada

fuerza puede transformarse directa ó indirectamente en las otras. En todo fenómeno, la fuerza sufre una metamorfosis: de la forma ó de las formas nuevas que toma, puede resultar ya la forma precedente, ya otra cualquiera, en infinita variedad de órdenes y combinaciones. Se comprueba fácilmente que las fuerzas físicas tienen mutuas correlaciones, no sólo cualitativas, sino también cuantitativas. Después de haber probado que una forma cualquiera de fuerza puede transformarse en otra, se demuestra también que de una cantidad definida de una fuerza nacen siempre cantidades también fijas y definidas de las otras. Esta demostración es casi siempre difícil, porque comunmente una fuerza no se transforma sólo en otra, sino en varias, cuyas proporciones relativas están determinadas por las circunstancias, que no son siempre las mismas. Con todo, en ciertos casos se han obtenido resultados positivos. Así M. Joule ha probado que la caída de 772 libras desde un pie de altura, eleva la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit. Los estudios de Dulong y Petit y de Neuman han demostrado que hay una relación cuantitativa entre las afinidades de los cuerpos que se combinan y el calor engendrado durante la combinación, y los de Faraday acusan que una cantidad determinada de electricidad voltaica, es siempre producida por una cantidad correlativa de acción química. En las máquinas de vapor hay una relación constante entre las cantidades de calor empleado y las de vapor producido, ó más bien de tensión ó fuerza elástica manifestada. Es, pues, indudable que hay relaciones cuantitativas fijas entre las varias formas de fuerza, por lo cual los físicos admiten que no sólo dichas formas se metamorfosean ó cambian unas en otras, sino que una cantidad determinada de cada fuerza equivale constantemente á cantidades fijas de las otras.

67. El principio que acabamos de reconocer, se manifiesta en el Cosmos, doquier y siempre. Todo cambio, todo grupo de cambios que sucede en el Universo, debe ser producido por fuerzas semejantes ó diferentes á las que conocemos, y derivadas ó transformadas de otras; y no sólo debemos reconocer el encadenamiento de las fuerzas actuales con las precedentes y siguientes, sino también que las cantidades de esas fuerzas son determinadas; es decir, que producen necesariamente tales ó cuales resultados, limitados en cantidad.

La unificación del conocimiento, que es el fin de la Flosoffia, no adelanta poco al dar toda su generalidad á la proposición conteni-

da en el párrafo anterior. Los cambios ó fenómenos, y las transformaciones de fuerzas que los acompañan, siguen doquier un movimiento progresivo, desde los movimientos estelares, hasta el curso de nuestras ideas; y si queremos comprender enteramente la gran ley de la persistencia cuantitativa de las fuerzas, en sus metamorfosis incesantes, es preciso que consideremos los diversos órdenes de cambios que se verifican en torno nuestro, á fin de averiguar de dónde nacen, y cómo se transforman las fuerzas que los producen. Cuestión tan vasta, no hay duda que sólo puede recibir una solución muy defectuosa, pues no será fácil establecer siempre la equivalencia entre las variás manifestaciones sucesivas de fuerza; lo más que conseguiremos, será establecer una relación cualitativa, y vagamente cuantitativa tan sólo en lo que implique proporción entre las causas y los efectos. Para eso examinaremos sucesivamente las diversas clases de fenómenos de que se ocupan las ciencias particulares ó concretas.

68. Los antecedentes de las fuerzas desplegadas por nuestro sistema solar, pertenecen á un pasado, del que jamás podremos tener sino un conocimiento probable, y hasta ahora casi no podemos vanagloriarnos de tener uno que siquiera merezca aquel nombre. Por numerosas y fuertes que sean las razones *en pro* de la hipótesis *nebular*, no podemos ver en ella más que una hipótesis. Sin embargo, si admitimos que la materia que compone el sistema solar ha existido antes en estado difuso, basta la gravitación de sus diversas partes para producir su estado y movimientos actuales. En efecto, masas de materia cósmica precipitada, moviéndose hacia su centro común de gravedad á través del medio, en cuyo seno han sido precipitadas, producirán ineludiblemente una rotación general, cuya velocidad irá creciendo á medida que progresa la concentración. En todo lo que de esa clase de fenómenos alcanza nuestra experiencia, hay una relación cuantitativa entre los movimientos así engendrados, y las fuerzas gravitativas que los producen. Los planetas que ha formado la materia cuya distancia al centro común de gravedad era mínima, tienen también las mínimas velocidades; hecho perfectamente explicable, por la hipótesis teológica, puesto que es una condición de equilibrio, una ley estática; mas no es esa la cuestión, entre otras razones, porque eso no basta para explicar la rotación de los planetas, con todas sus circunstancias. No hay causa final que explique la rapidez del movimiento rotatorio de Júpiter y Saturno, y la lentitud del de

Mercurio; pero si, conforme á la doctrina de la transformación de las fuerzas, busquemos los antecedentes de las rotaciones planetarias, la hipótesis *nebular* nos sugiere una explicación, que basta en cuanto á esas relaciones cuantitativas.

En efecto, los planetas cuyo movimiento rotatorio es más rápido, son los que tienen mayores masas y órbitas; es decir, aquellos cuyos elementos han tendido hacia su centro de gravedad desde el estado difuso, á través de espacios inmensos, y han adquirido, por lo mismo, velocidades enormes. Por el contrario, los planetas que giran con las menores velocidades, son los formados por los menores anillos nebulosos, como lo demuestran principalmente sus satélites.

Mas se dirá: ¿qué se ha hecho todo el movimiento que ha efectuado la agregación de aquella materia difusa en cuerpos sólidos? Se ha convertido en calor y luz, dice la Ciencia, y la experiencia confirma esa respuesta. Los geólogos piensan que el calor del núcleo terrestre, aun en fusión, no es sino un residuo del que antiguamente tuvo en fusión á la Tierra entera. Las superficies montuosas de la Luna y de Venus (únicas cuya proximidad permite su examen), presentan una costra arrugada como la nuestra, indudablemente debido á un enfriamiento. En fin, el Sol mismo es un ejemplo, según se cree, de la producción del calor y luz por la detención de la materia difusa que se mueve hacia su centro de gravedad, viéndose en él comprobada también la relación cuantitativa, pues siendo su masa, como se sabe, mil veces mayor que la del mayor de los planetas, es enormemente más considerable la cantidad de luz y de calor que produce la detención de su materia en movimiento, por lo cual conserva aún la radiación que nos ilumina y vivifica; al paso que los planetas, cuyas masas relativamente pequeñas han perdido ya su movimiento centrípeto, y suman una superficie radiante muy grande, respecto á su masa total, han perdido también la mayor parte del calor que tuvieron antes.

69. Buscando ahora el origen de las fuerzas que han dado á nuestro planeta su forma presente, veremos que se las puede referir al origen primordial acabado de citar; pues suponiendo formado el sistema solar según la hipótesis admitida, los cambios geológicos son resultados naturales directos ó indirectos del calor debido á la condensación de la nebulosa, y que aún no ha sido gastado totalmente. Esos cambios se clasifican en ígneos acuosos, lo cual nos permite considerarlos más cómodamente.

Los cambios más ó menos periódicos que llamamos terremotos, las elevaciones y depresiones que son sus resultados, los efectos acumulados de las elevaciones y depresiones en la cuenca variable de los mares, las islas, continentes, mesetas, cordilleras y todas las formaciones que llamamos volcánicas, son consideradas por los geólogos como alteraciones de la costra terrestre por la materia aún fundida del interior. Por insostenibles que sean los detalles de la teoría de Elie de Beaumont, hay razones poderosas para admitir que, en general, las roturas y desniveles que se manifiestan á veces en la superficie terrestre son debidos á la contracción progresiva de la costra sólida sobre un núcleo enfriado y contraído. Aun suponiendo que se pueda dar una explicación más satisfactoria, lo que hasta ahora no es posible, de las erupciones volcánicas, de los levantamientos de rocas ígneas y de la formación de las cadenas de montañas, no se podría explicar, sino de aquel modo, las inmensas elevaciones y depresiones de que resultan los continentes y los mares. La conclusión general que se debe sacar es: que las fuerzas que se manifiestan en los fenómenos geológicos ígneos son resultados positivos ó negativos del calor concentrado en el núcleo ó interior del globo. Los fenómenos de fusión ó aglutinación de depósitos sedimentarios, las aguas termales, la sublimación de los metales en las grietas donde los hallamos mineralizados, pueden ser considerados como efectos positivos del calor interior; y las rupturas de los terrenos y sus cambios de nivel son sus resultados negativos, ó del enfriamiento; siendo la causa originaria ó primitiva de todos esos efectos la que era en un principio, el movimiento gravitativo de la materia terrestre hacia su centro, puesto que á esa causa debemos atribuir el calor interno y la contracción de la superficie á medida que radia en el espacio.

En cuanto á los fenómenos ágneos ó plutónicos, no es tan evidente la forma en que preexistía la fuerza que los produce. Los efectos de la lluvia, de los ríos, de las olas, de los vientos, de las corrientes submarinas, no proceden aparentemente de un origen común; el análisis prueba, sin embargo, que le tienen. En efecto, si se pregunta, ¿de dónde proviene la fuerza de la corriente fluvial que lleva sus aguas al mar? se puede responder: es la gravitación del agua en toda la extensión del espacio que recorre. ¿Y cómo se ha juntado el agua en el álveo del río? Ha caído en forma de lluvia, reuniéndose por la gravedad la de la cuenca correspondiente. ¿Y cómo la lluvia había tomado la posición de donde ha

caído? El vapor, cuya condensación son las nubes, había sido acumulado y condensado por los vientos. ¿Cómo ese vapor se había formado y elevado tan alto? Por la fuerza evaporativa del calor solar, siendo exactamente la misma cantidad de fuerza gravitativa de los átomos de agua elevados por la evaporación, la que restituyen aquéllos, cayendo sucesivamente hasta el nivel de donde subieron. Resulta, pues, que las corrientes producidas por la lluvia y los ríos durante el movimiento de descenso hasta el nivel del mar, del vapor condensado, son debidas indirectamente al calor solar. La misma causa tienen los vientos que transportan dicho vapor. En efecto, las corrientes atmosféricas son resultados de las diferencias de temperatura, ya generales, como entre las regiones polares y ecuatoriales, que ocasionan los vientos alisios, ya especiales, como entre las partes de superficie terrestre que tienen distinta constitución física. Y si tal es el origen de los vientos, el mismo es, por tanto, mediatamente, de las olas que aquéllos levantan en la superficie del mar, y de todos los cambios que las olas producen, como el desgaste de las riberas, la destrucción de las rocas, que se desmenuzan para formar guijarros, arena y limo, etc., etc. El mismo origen reconocen también las corrientes del Oceano; las mayores, del exceso de calor que el Oceano recibe del sol en las regiones tropicales, y las menores, de las diferencias locales que presenta la cantidad de calor absorbido; por tanto, al calor solar son debidas mediatamente la distribución de los sedimentos y las demás operaciones geológicas que dichas corrientes producen. El único fenómeno áqueo cuya fuerza productora tiene otro origen, es el de las mareas, que pueden atribuirse á fuerzas astronómicas no gastadas ó aún en actividad. Pero, aun teniendo en cuenta el efecto de las mareas, se puede decir, no obstante, que la destrucción lenta de los continentes, la alimentación continua de los mares por las lluvias y ríos, los vientos, las olas y las corrientes oceánicas, son efectos indirectos del calor solar.

Así, las conclusiones que nos impone la teoría de la transformación de movimientos, á saber: que las fuerzas que han modelado y alterado la corteza terrestre deben haber preexistido bajo alguna otra forma, no presentan dificultades si se admite la génesis nebular, puesto que esa génesis supone ciertas fuerzas, que á la vez son capaces de producir resultados, y no pueden gastarse sin producirlos. En suma, los cambios geológicos ígneos provienen del movimiento, aun no acabado, de la materia terrestre hacia su cen-

tro de gravedad; mientras que los fenómenos áceos nacen del movimiento, también aun existente, de la materia solar hacia su centro de gravedad, movimiento que transformado y recibido en mínima parte por la tierra, sufre aquí nuevas transformaciones: directamente, en movimientos de las sustancias gaseosas y líquidas de la superficie terráquea; é indirectamente, en movimientos de la sustancia sólida.

70. Las fuerzas que se manifiestan en los cuerpos vivos, tanto vegetales como animales, se derivan también del calor solar, como los lectores algo familiarizados con los hechos biológicos no tendrán dificultad en admitir. Veamos primero las generalidades fisiológicas, y después veremos las que á su vez de ellas se inducen.

La vida vegetal depende, directa ó indirectamente, del calor y de la luz solares; directamente, en la inmensa mayoría de las plantas, é indirectamente, en las que, como los hongos, viven en la oscuridad y se nutren de materias orgánicas en descomposición. Toda planta debe el carbono y el hidrógeno de que consta, en su mayor parte, al ácido carbónico y al agua de la tierra y de la atmósfera; los cuales, naturalmente, han de ser descompuestos, para que su carbono é hidrógeno se asimilen á las plantas. Para efectuar esa descomposición, venciendo las grandes afinidades que unen á los elementos del agua y del ácido carbónico, se necesita una gran fuerza, y ésta es suministrada por el Sol. Cómo se efectúa esa descomposición, no lo sabemos; pero sí sabemos que cuando se exponen plantas á los rayos solares, en condiciones á propósito, desprenden oxígeno, y se asimilan carbono é hidrógeno. Esa reducción cesa en la oscuridad, y cuando el calor y luz solares disminuyen considerablemente, como en Invierno; activándose, por el contrario, cuando aquéllos son muy vivos, como en Estío. Se evidencia más esa relación cuando se compara la lozana vegetación intertropical con la ya disminuída de los climas templados y con la casi nula de los glaciales. De todo lo cual es ineludible deducir que las fuerzas que suministran á las plantas los materiales de sus tejidos, sacándolos de los cuerpos inorgánicos ambientes, es decir, las fuerzas por las cuales las plantas viven y crecen, preexistían bajo la forma de calor y luz solares.

Todo el mundo sabe que la vida animal depende, mediata ó inmediatamente, de la vida vegetal, y los sabios admiten, desde hace mucho tiempo, que, en general, las funciones de la vida ani-

mal son opuestas á las de la vida vegetal. Bajo el punto de vista químico, la vida vegetal es principalmente una reducción ó desoxidación, y la vida animal una oxidación; debe decirse principal y no exclusivamente, porque cuando los vegetales gastan fuerza, en el ejercicio de sus funciones, obran como aparatos de oxidación; ejemplo, la exhalación de ácido carbónico durante la noche; y los animales, en algunas de sus funciones de menor importancia, obran como aparatos de reducción. Hecha esta salvedad, el principio general es: que la planta descompone el ácido carbónico y el agua, dejando el oxígeno en libertad, y reteniendo el carbono y el hidrógeno, para elaborar con ellos, y con pequeñas cantidades de algunos otros elementos, las ramas, hojas, semillas, etc.; mientras que el animal (fitófago), consumiendo esas hojas, ramas y semillas, y absorbiendo oxígeno en su respiración, recompone después el ácido carbónico y el agua, y los combina con otros compuestos azoados, para asimilárselos, exhalando los residuos. En la planta, la citada descomposición se verifica á expensas de las fuerzas solares, que vencen las afinidades del carbono y del hidrógeno con el oxígeno, al que están unidos; pero la recomposición que el animal efectúa, se verifica á expensas de las fuerzas puestas en libertad al combinarse aquellos elementos. Los movimientos internos y externos del animal son el reintegro, bajo nuevas formas, de la fuerza solar absorbida por la planta. En el ejemplo del párrafo anterior, hemos visto que la fuerza solar empleada para elevar el agua en vapor desde la superficie del mar, es reintegrada en la caída de la lluvia, en la corriente de los ríos que vuelven á su origen y en el transporte de las materias sólidas que las aguas acarrean; en el reino orgánico sucede una cosa enteramente análoga: las fuerzas solares que en la planta han producido entre ciertos elementos un equilibrio inestable, son restituidas en las funciones del animal que vuelven dichos elementos á un equilibrio estable.

Claro está que además de la correlación cualitativa que hemos expuesto, entre las fuerzas de esos dos grandes órdenes de actividades orgánicas, así como entre las de cada uno y las fuerzas inorgánicas, hay también una relación cuantitativa, comprobable tan sólo rudimentariamente, ó á grandes rasgos. En las regiones en que el calor y luz solares son más intensos, como en la zona tórrida, la vegetación y la vida animal abundan extraordinariamente, y á medida que se avanza hacia los polos por las regiones templa-

das y frías, la vida animal y la vida vegetal decrecen á la par. En tesis general, los animales de todas clases son más grandes en las regiones en que la vegetación es abundante que en las que es rara, habiendo una correlación bastante aparente entre la cantidad de fuerza que cada animal gasta y la cantidad de fuerza que el alimento que consume restituye, oxidándose.

Algunos fenómenos de desarrollo orgánico muestran más directamente el último principio enunciado, tanto en los animales como en los vegetales. Ampliando una idea vertida por M. Grove en la primera edición de su obra, « la correlación de las fuerzas físicas, » á saber: que hay probablemente una conexión entre las llamadas fuerzas vitales y las fuerzas físicas en general, Mr. Carpenter ha mostrado que esa conexión se manifiesta claramente en la incubación. La transformación de los contenidos, aun no organizados, de un huevo, en un pollo, es simplemente una cuestión de calor; faltando éste, la operación no comienza; con él, en grado suficiente, la incubación empieza y continúa, parándose si baja la temperatura, y no completándose los cambios que constituyen el desarrollo ó formación del pollo; si no se mantiene la temperatura próximamente constante, durante un tiempo y á un grado fijos, para cada especie. Análogamente sucede en las metamorfosis de los insectos, pues la experiencia demuestra que la evolución de la ninfa en el capullo no se verifica, y puede ser acelerada y retardada, según la temperatura ambiente. Por último, la germinación de las plantas presenta relaciones de causa á efecto, tan semejantes á las que acabamos de indicar, que nos parece inútil entrar en más detalles.

Así, pues, los diversos fenómenos que ocurren en el reino orgánico, ya en su totalidad, ya en sus dos grandes divisiones, ya, en fin, en sus individuos, concuerdan, al menos en lo que podemos hacer constar, con el principio general. Cuando podemos, como en la transformación del huevo en pollo, ó de las ninfas en insecto, aislar el fenómeno de todo lo que le complica, vemos claramente que la fuerza manifestada en la organización implica el gasto de una fuerza ya existente. Cuando no se trata, como en la crisálida ó en el huevo, de una cantidad fija de materia que toma nueva forma, sino de incorporación de materia exterior, como en la germinación y en la nutrición de la planta y del animal, también se verifica el fenómeno á expensas de fuerzas preexistentes. Y cuando, por último, además de las fuerzas gastadas en los fenóme-

nos orgánicos, queda aun fuerza, que se gasta en movimiento, como sucede en la mayoría de los animales, también ésta proviene indirectamente de fuerzas exteriores preexistentes.

71. Aun después de todo lo dicho en la primera parte de esta obra, pocas personas leerán sin alarma que las fuerzas psíquicas entran también en la misma generalización, y sin embargo es ineludible; los hechos que nos autorizan, ó más bien que nos obligan á formular esa proposición, son numerosos y evidentes: he aquí los principales. Todas las impresiones que nuestros sentidos reciben están en íntima correlación con las fuerzas físicas exteriores. Así, las que llamamos presión, movimiento, sonido, luz, calor, son efectos producidos en nosotros por fuerzas que, si se empleasen de otro modo, harían pedazos ó polvo pedazos de materia, producirían vibraciones en los objetos vecinos, operarían combinaciones químicas ó harían cambiar de estado á cuerpos físicos. Si, pues, miramos los cambios de posición relativa, de constitución molecular ó de estado físico, así producidos, como manifestaciones transformadas de las fuerzas de los producen, debemos también mirar las sensaciones que esas fuerzas producen en nosotros, como nuevas formas de esas mismas fuerzas. Y no se dudará de que la correlación de las fuerzas físicas con nuestras sensaciones, es de la misma naturaleza que la de aquéllas entre sí, notando que una y otra son, no sólo cualitativas, si que también cuantitativas. Así, masas de materia que difieren mucho de peso, según la balanza ó el dinamómetro, difieren también, considerablemente, por las sensaciones de presión que nos producen. Cuando paramos cuerpos en movimiento, los esfuerzos que ejecutamos son proporcionales á los momentos de dichos cuerpos, tales como los conocemos por otros procedimientos de medida. En igualdad de condiciones, se verifica que las impresiones que nos producen cuerdas vibrantes, campanas ó instrumentos de viento, varían de intensidad á la par que la fuerza que las produce. Los cuerpos que presentan temperaturas diferentes, según los termómetros, nos producen también diferentes y correlativas sensaciones de calor. Lo mismo sucede respecto á nuestras sensaciones de luz y las intensidades de éstas, medidas por los fotómetros.

Además de la correlación y equivalencia entre las fuerzas físicas exteriores y las fuerzas psíquicas engendradas por aquéllas en nosotros, bajo la forma de sensaciones, hay también una correlación y equivalencia entre las fuerzas psíquicas y las fuerzas físicas que se

manifiestan bajo la forma de acciones fisiológicas. Así, las sensaciones que llamamos luz, calor, sonido, olor, gusto, presión, no desaparecen sin dejar resultados inmediatos; son generalmente seguidas de otras manifestaciones de fuerza, por ejemplo: excitación de los órganos secretorios, contracciones musculares involuntarias ó voluntarias, ó de ambas clases á la vez; habiendo demostrado recientes investigaciones fisiológicas que las sensaciones todas no sólo avivan las contracciones del corazón, proporcionalmente á su intensidad, sino también las de todas las fibras musculares del aparato vascular, y á veces las de los músculos respiratorios. En efecto, la respiración se acelera, como se puede ver y oír, por las sensaciones agradables ó penosas que llegan á cierta intensidad. Hasta se ha comprobado recientemente que el movimiento respiratorio se hace más frecuente cuando se pasa de la oscuridad á la luz, lo que probablemente resulta de un incremento de estimulación nerviosa provocada directa ó indirectamente. Cuando la cantidad de sensación es grande, engendra movimientos ó contracciones musculares. Así, una excitación insólita de los nervios del tacto, como las cosquillas, es seguida de movimientos irresistibles en los miembros; dolores intensos causan esfuerzos violentos; el estremecimiento que sucede inmediatamente á un ruido intenso, el gesto producido por algún sabor desagradable, la rápida sacudida con que retiramos la mano ó el pie que hemos metido en agua demasiado caliente, son otros tantos ejemplos de la transformación de sensaciones en movimientos; siendo en estos casos, como en todos, proporcional la cantidad de acción fisiológica á la cantidad de sensación. Aun en los casos en que la fuerza de voluntad suprime los gritos y lamentos que expresan un gran dolor (supresión que es también el resultado de una contracción muscular), el apretamiento de puños, el fruncimiento de cejas, el rechinar de dientes, atestiguan que las acciones corporales no son entonces menos grandes, si no son tan visibles. Si en lugar de sensaciones consideramos las emociones, la correlación y la equivalencia son también patentes; de modo que no sólo las fuerzas físicas, que nos producen las sensaciones, pueden volver á su primitivo estado, bajo la forma de movimientos musculares, sino que lo propio sucede á ciertos fenómenos psíquicos que no son directamente producidos por fuerzas físicas. Las emociones poco intensas, como las sensaciones análogas, no producen sino un aumento de acción en el sistema circulatorio y tal vez en algunas glándulas. Pero si las

emociones son más intensas, los músculos de la cara y quizá de todo el cuerpo se mueven. Así, un hombre presa de un acceso de ira, frunce las cejas, dilata las ventanas de la nariz, golpea el suelo con los pies; el atormentado por un vivo dolor contrae las cejas, se retuerce los brazos; la alegría se expresa á carcajadas y saltos; el terror y la desesperación por esfuerzos violentos. Prescindiendo de ciertas excepciones aparentes, y sólo aparentes, en toda emoción hay una relación manifiesta entre su intensidad y la de la acción muscular que provoca, desde la marcha recta y alegre del regocijo, hasta los saltos de una alegría extremada, y desde la agitación de la impaciencia, hasta los movimientos semi-convulsivos que acompañan casi siempre á una gran angustia del alma. A esos diversos órdenes de pruebas hay que agregar otro, á saber: entre nuestras sensaciones y los movimientos voluntarios que son sus transformaciones hay la tensión muscular que está en correlación con ambos términos, y correlación visiblemente cuantitativa, puesto que el sentido del esfuerzo varía, á igualdad de las demás condiciones, en razón directa de la cantidad de movimiento engendrado.

Pero ¿cómo podemos incluir en la ley de correlación, la génesis de esos pensamientos y sentimientos que, en vez de seguir á impresiones externas, nacen espontáneamente? Entre la indignación causada por un insulto y los gritos ó actos de violencia que la siguen; puede, sin duda, verse conexión; mas ¿de dónde vienen la multitud de ideas y de sentimientos que nacen con ese motivo? Es indudable que no son el equivalente de la sensación producida en la oreja por las palabras del insulto, pues las mismas, dispuestas de otro modo, no hubieran producido aquel efecto. Puede compararse la relación que en ese caso tienen las palabras con la revolución moral que producen, á la relación que el choque del gatillo con el fulminante de un arma de fuego tiene con la explosión subsiguiente; en ambos casos la causa determinante no produce las fuerzas que se manifiestan, no hace sino ponerlas en libertad. ¿De dónde, pues, proviene esa inmensa actividad nerviosa que, á veces, desarrolla un cuchicheo, una mirada? He aquí la respuesta. Los correlativos inmediatos de esos fenómenos psíquicos y de otros muchos, no están en las fuerzas externas, sino en las internas. Las fuerzas vitales, cuya correlación con las físicas ya hemos visto, son las fuentes de donde nacen directamente esos pensamientos y sentimientos; y de ello hay, entre otras, las siguientes pruebas: Es un

hecho que la actividad mental depende de la existencia de un aparato nervioso, y que hay una relación (disimulada bajo el número y complicación de las condiciones, pero que se puede seguir, siquiera sea vagamente) entre las dimensiones de ese aparato y la cantidad de acción mental medida por sus resultados. Además, dicho aparato tiene una constitución química, de la cual depende su actividad, y sobre todo hay en él un elemento, el fósforo, cuya cantidad está en íntima conexión con la de funciones desempeñadas; así que está en proporción mínima en la infancia, la vejez y el idiotismo, y en su máximo en la edad viril. Todavía más; la evolución del pensamiento y del sentimiento varían, en igualdad de las demás condiciones, con la llegada de sangre al cerebro; por una parte, el cese de la circulación cerebral, á consecuencia de pararse los movimientos del corazón, produce inmediatamente la falta de conocimiento; y por otra un exceso de circulación cerebral (mientras que no llega á producir una presión enorme) provoca una excitación que puede llegar hasta el delirio. Y no sólo la cantidad, sino también la composición de la sangre que atraviesa el sistema nervioso, influye en las manifestaciones mentales, del modo estar aquélla suficientemente oxigenada, para que produzca efectos normales en el cerebro, como lo prueban el que en la asfixia hay supresión de ideas y de sentimientos, y por el contrario, la inspiración de protóxido de nitrógeno produce una actividad nerviosa excesiva y á veces incoercible.

A la par que esa conexión entre el desarrollo de las fuerzas mentales y la presencia de una cantidad suficiente de oxígeno en la sangre de las arterias cerebrales, hay también conexión entre dicho desarrollo y la presencia de algunos otros elementos en la sangre, pues los centros nerviosos necesitan sustancias especiales para su nutrición, como para su oxidación. Tal se nota en la exaltación que producen ciertas sustancias introducidas en la sangre, como el alcohol y los alcaloides vegetales, en el moderado regocijo que engendran el thé y el café, y en los delirantes efectos de imaginación y vivísimos sentimientos de felicidad que producen el opio y el haschisht, según el testimonio de las personas que los han experimentado. Otra prueba más de que la producción de efectos mentales pende directamente de cambios químicos, es que la composición química de la orina cambia según la cantidad de trabajo cerebral; una actividad excesiva de éste, va seguida de una gran cantidad, en aquélla, de fosfatos alcalinos, sucediendo

lo propio después de toda excitación nerviosa anormal. El olor particular de los locos, indicador de que hay en la transpiración productos morbosos, revela una relación entre la locura, y una composición especial de los fluidos del organismo, y ya sea considerada causa ó efecto de la locura, esa composición acusa indudablemente la correlación entre las fuerzas físicas y las mentales. Notaremos, por último, que esa correlación es, en cuanto podemos seguirla, cuantitativa. Siempre que las condiciones de la acción nerviosa no varíen, hay una relación constante entre los antecedentes y los consecuentes; así, entre ciertos límites, los estimulantes nerviosos y los anestésicos producen en los pensamientos y en los sentimientos efectos proporcionados á las cantidades administradas. Inversamente, cuando los pensamientos y los sentimientos son el primer término de la relación, el grado de reacción sobre las fuerzas corporales es proporcionado á la fuerza de aquéllos; en los casos extremos, la reacción termina en una prostración física completa.

Vemos, pues, que diversas clases de hechos se aunán, para probar que la ley de la metamorfosis que reina doquier entre las fuerzas físicas, reina también entre éstas y las mentales. Las formas de lo Incognoscible, que llamamos movimiento, calor, luz, afinidad química, etc., son transformables unas en otras, y también en las formas que llamamos emoción, sensación, pensamiento, y éstas, á su vez, pueden por una transformación inversa, cambiarse en aquéllas. Ninguna idea, ningún sentimiento se manifiesta sino como resultado de una fuerza física que se gasta para producir ese resultado. Tal es el principio, que no tardará en ser una reconocida verdad científica, pudiendo sólo explicarse su no admisión por la de alguna teoría preconcebida. ¿Cómo se verifican esas metamorfosis, cómo una fuerza que existe bajo la forma de movimiento, calor, luz, etc., puede llegar á ser un fenómeno psíquico; cómo las vibraciones aéreas pueden engendrar la sensación llamada sonido, cómo las fuerzas puestas en libertad por los cambios químicos operados en el cerebro producen una emoción? Misterios son esos insondables, pero no más que las transformaciones de las fuerzas físicas unas en otras; inaccesibles sí á la inteligencia, pero no más que la naturaleza del Espíritu y de la Materia. Son sencillamente cuestiones insolubles como todas las primarias; todo lo que podemos saber es que son leyes del mundo fenomenal.

72. Si la ley general de la transformación y equivalencia domina en las fuerzas físicas y psíquicas, debe también extenderse á las fuerzas sociales. En efecto, todo lo que sucede en las sociedades humanas es efecto de las fuerzas inorgánicas ú orgánicas, ó de ambos órdenes de fuerzas combinados, es resultado: ó de las fuerzas físicas ambientes, sometidas ó no á la dirección humana, ó de las fuerzas humanas mismas. Así, pues, ningún cambio puede haber en la organización de la sociedad, en sus modos de actividad, ó en los efectos que produce esa actividad en la superficie del globo, que no proceda, directa ó indirectamente, de fuerzas físicas. Veamos primero la correlación entre los fenómenos sociales y los vitales.

Desde luego, las fuerzas sociales y vitales varían, en igualdad de las demás circunstancias, con la población. Sin duda, hay razas que difiriendo mucho en su aptitud para combinar sus esfuerzos, nos demuestran que las fuerzas sociales no son necesariamente proporcionales al número de individuos que las ponen en juego; pero vemos que, en ciertas condiciones, sí se verifica esa proporcionalidad.

Una sociedad poco numerosa, cualquiera que sea la superioridad de carácter de sus individuos, no puede desplegar la misma suma de acción social que una grande; la producción y la distribución de mercancías deben hacerse en una escala relativamente pequeña, no puede haber una prensa numerosa, ni una literatura fecunda, ni una grande agitación política, ni una gran porción de obras de arte y de invenciones científicas. Pero lo que demuestra mejor la correlación de las fuerzas sociales con las físicas, por el intermedio de las vitales, es la diferencia de las cantidades de actividad desplegadas por la misma sociedad, según que sus miembros dispongan de distintas cantidades de fuerza, sacadas del mundo exterior. Todos los años se ve comprobada esa diferencia, según sean buenas ó malas las cosechas. Si son malas, las fábricas se cierran ó reducen su trabajo considerablemente; disminuye el movimiento de viajeros y mercancías en las vías férreas y comunes; lo propio sucede á las transacciones comerciales, á las edificaciones, etc.; y si la escasez de granos llega hasta el hambre, disminuye la población, y por tanto, todas las actividades ó fuerzas sociales.

Por el contrario, una recolección abundante, no habiendo otras condiciones desfavorables, aviva las fuerzas productoras y reparti-

doras, y crea otras nuevas; el exceso de energía social se manifiesta en nuevas empresas; los capitales en vías de colocación, quizá, en inventos, hasta entonces abandonados ó juzgados inútiles: ábrense nuevas vías de comunicación; prodúcense más objetos de lujo y obras de arte; efectúanse más matrimonios, la población crece, naturalmente, en mayor proporción; en fin, bajo todos conceptos se hace más extenso, más complejo y más activo el organismo social. Cuando, como sucede en las naciones civilizadas, las materias alimenticias no provienen, en su totalidad, del mismo suelo nacional, sino que son, en parte, importadas, la alimentación tiene lugar, en esa parte, á expensas de las fuerzas físicas y vitales, empleadas en otras naciones para la recolección.

Nuestros hilanderos y tejedores de algodón son un ejemplo bien notable de una fracción que vive á expensas de mercancías importadas. Mas aun cuando las fuerzas sociales del Lancashire sean debidas, en su mayoría, á materias no producidas por Inglaterra, no es menos cierto que esas materias representan fuerzas físicas acumuladas en otra nación, bajo formas convenientes, y luego importadas. Si se pregunta de dónde proceden esas fuerzas físicas, que por el intermedio de las vitales dan origen á las fuerzas sociales, puede asegurarse, como lo hicimos antes, que del Sol. En efecto, la vida social pende de los productos animales y vegetales, y esos productos, del calor y la luz solares; resultando, que los cambios operados en las sociedades, son efectos de fuerzas que tienen el mismo origen que las productoras de los cambios físicos y vitales. No sólo las fuerzas desplegadas por una caballería enganchada, y por su conductor, tienen el mismo primitivo origen que la catarata que se despeña y el huracán que brama, sino que á ese mismo origen pueden referirse las fuerzas inmediatas que producen las más delicadas y más complejas manifestaciones del organismo social. Esta proposición es algo sorprendente y quizá producirá en algunos el efecto de una broma, pero es una deducción inevitable que no se puede rechazar.

Lo mismo puede decirse de las fuerzas físicas que se transforman directamente en fuerzas sociales. Las corrientes de aire y de agua, que antes del uso del vapor eran, con la fuerza muscular, los únicos agentes empleados en la industria, son, como sabemos, originados por el calor solar. Jorge Stephenson fué uno de los primeros en reconocer que la fuerza que impulsaba á su locomotora procedía del Sol. En efecto, ascendiendo eslabón por eslabón, des-

de el movimiento del émbolo, á la evaporación del agua; de la evaporación, al calor que la produce; de la oxidación del carbón—origen de ese calor,—á la asimilación del carbono por las plantas fósiles que componen la hulla, llegamos por fin á la radiación solar que produjo esa asimilación, descomponiendo el ácido carbónico de que dicho carbono formaba parte. Son, pues, fuerzas solares gastadas hace millares de años en la vegetación que cubría entonces la tierra, y sepultadas después en sus profundidades, las fuerzas que, bajo la forma de tensión del vapor de agua, mueven las innumerables máquinas de la industria moderna.

Por último, cuando la economía del trabajo manual que producen las máquinas, de un sobrante de actividad humana material, favorece, naturalmente, el desarrollo de las otras formas de nuestra actividad. Es, pues, evidente que las fuerzas sociales que están en correlación directa con las fuerzas físicas antiguamente procedentes del Sol, son un poco menos importantes que las correlativas á las fuerzas vitales recientemente nacidas del mismo origen.

73. La doctrina contenida en este capítulo hallará más de un incrédulo, si se la considera como una inducción. Muchos de los que admiten ya la transformación y equivalencia de las fuerzas físicas entre sí, dirán quizá que no hay aún bastantes investigaciones para tener el derecho de afirmar la transformación y equivalencia de aquellas fuerzas en las vitales, mentales y sociales: no verán en los hechos que hemos citado nada que demuestre decisivamente dicha correlación. Pero se puede responderles: que el principio general, del que acabamos de presentar tantos ejemplos para hacer comprender todas sus formas, es un corolario forzoso de la persistencia de la fuerza. Si se parte de la proposición de que la fuerza no puede ser creada ni anulada, las conclusiones últimamente desarrolladas se deducen naturalmente; pues toda manifestación de fuerza no puede ser concebida sino como efecto de una fuerza antecedente, ya se trate de una acción inorgánica, de un movimiento animal, de un sentimiento ó de una idea, so pena de afirmar la espontaneidad de estos fenómenos. No hay término medio: ó se admite que las fuerzas mentales, lo mismo que las corporales, están en correlación cuantitativa con ciertas fuerzas que se gastan para producirlas y con otras que ellas producen ó suscitan, ó se admite su creación y anulación. O se niega la persistencia de la fuerza, ó se admite que todo efecto físico ó psíquico es

producto de fuerzas antecedentes y en proporción exacta á la cantidad de estas fuerzas, y puesto que la persistencia de la fuerza, como un dato que es de nuestro espíritu, no puede ser negada, tampoco debe serlo su corolario, que no se hará más evidente citando más ejemplos, pues la verdad demostrada deductivamente no necesita ser confirmada inductivamente. En efecto, cada uno de los hechos citados no es sino una consecuencia directa de la hipótesis más ó menos indirecta de la persistencia de la fuerza. La prueba más exacta asequible á la experimentación, de la correlación y equivalencia de las fuerzas, es la que se funda en la medida de las fuerzas gastadas y de las fuerzas producidas. Mas, como ya hemos visto en el capítulo anterior, toda medición supone una cantidad de fuerza constante, y esa constancia no tiene otra razón ó prueba que la persistencia de la fuerza, de la que es un corolario. ¿Cómo, pues, un razonamiento fundado en este corolario, podrá probar el corolario tan directo, que cuando una cantidad dada, de fuerza, cesa de existir bajo una forma, otra cantidad igual empieza á existir bajo otra ú otras varias formas? Evidentemente, la verdad *a priori* expresada por este último corolario, no podría ser confirmada por pruebas *a posteriori* deducidas del primer corolario. ¿Para qué sirven entonces, se dirá, las investigaciones experimentales sobre la correlación de las fuerzas, si no puede ser mejor demostrada que lo está ya *a priori*? No por eso diremos que son inútiles; no, tienen su valor propio, porque descubren las consecuencias particulares que no enuncia la verdad general; porque nos enseñan qué cantidad de una clase de fuerza equivale á otra de otra clase; porque determinan las condiciones de cada transformación: y en fin, porque nos conducen á investigar bajo qué fuerza ha desaparecido la fuerza deficiente, cuando los resultados aparentes no equivalen á la causa.