

menos, además del aspecto cualitativo, se pueda distinguir siempre el aspecto cuantitativo. †

Tal aspecto corresponde al grado de energía presente en cada manifestación de la fuerza. El calor, por ejemplo, obrando sobre los cuerpos simples en estado sólido produce, en su primer grado, un aumento de volumen, obrando á un grado mayor los derrite, haciéndolos pasar al estado líquido, y obrando todavía con mayor intensidad los volatiliza. \*

A su vez la energía eléctrica en sus grados mínimos produce pequeños movimientos de atracción y repulsión, sólo perceptibles si los cuerpos son muy pequeños; en mayor grado produce pequeñas chispas, es decir, súbitos desprendimientos de calor y de luz, en un grado mayor, como en el rayo, produce chispas enormes, colosales efectos mecánicos y grandes trasformaciones químicas.

Considerando, pues, los fenómenos como una trasformación de la fuerza, se comprende fácilmente que se puedan estos disponer en una serie ó escala en que la cantidad de energía vaya creciendo de unos á otros, y en la misma serie se verá que los efectos de la fuerza aumentan en la misma proporción.

§ 2.—En la ley de causalidad, aun considerada ésta como concepto ideológico, se postula ya la proporcionalidad entre la causa y el efecto, pues es evidente que á mayor acción de la causa corresponderá mayor cantidad de efecto. †

Pero la ambigüedad de la noción de causa no permite distinguir con precisión los casos en que los efectos estén sujetos á la ley de proporcionalidad, y los casos que no siguen esta ley.

La observación más común demuestra en efecto que esta proporcionalidad no existe siempre. Por ejemplo, dos barriles de pólvora haciendo explosión producen un desastre mayor que uno solo, pero, para una misma cantidad de pólvora, el efecto de la explosión es el mismo si cae sobre la pólvora una chispa, ó si caen simultáneamente diez ó más. †

El efecto de una máquina de vapor es proporcional al número de caballos de vapor que la máquina desarrolla, pero no lo es al número de maquinistas que la gobiernan. En una caída de agua el grado de energía depende de la altura de que cae el líquido, de su masa y de la velocidad inicial, pero es ente-

ramente independiente del esfuerzo desplegado para abrir la esclusa, pues una vez desarrollado el que basta, es inútil, desplegar un esfuerzo doble ó quíntuplo, pues los efectos no varían ya.

¶ Esta distinción de los casos en que el efecto es proporcional á la causa, y de aquellos en que no lo es, no sólo puede observarse en fenómenos sencillos del orden físico, sino en los mucho más complicados del orden biológico ó sociológico. En la nutrición, por ejemplo, los efectos son proporcionales á la cantidad de materia que se asimila, y no á la cantidad de materia que se ingiere. † Si un individuo tiene un poder de asimilación mayor que otro, desplegará dobles energías vitales, pero el mismo individuo, una vez que ha ingerido la cantidad de alimentos que puede asimilar, no obtendrá mayores resultados ingiriendo una cantidad doble ó triple. En el orden psicológico los frutos del estudio son proporcionales al vigor intelectual del individuo, y no al tiempo que al estudio se consagre; una vez fatigada la inteligencia es completamente inútil consagrarse al estudio, como es inútil comer después de haber ingerido toda la ración alimenticia.

// Tratando esta cuestión, conforme al concepto ideológico de la ley de causalidad, se podría decir que los efectos son proporcionales á las causas cuando se trata de causas eficientes, y que no lo son cuando se trata de causas ocasionales ó determinantes. †

En el concepto contemporáneo de la causa, en que ésta se asimila, ya á una fuerza que se transforma, equivaliendo entonces á la antigua causa eficiente, ya á una colocación de energías que se modifica, equivaliendo entonces á una causa determinante ú ocasional, se puede hacer con más claridad la distinción, pues aunque el equivalente mecánico no se haya establecido con exactitud para todas las fuerzas, se admite que existe, y por lo tanto se infiere como corolario, que los efectos son proporcionales á las causas cuando son resultado de una transformación de energía, y que no lo son cuando se trata simplemente de modificaciones en la colocación. †

¶ Hemos hecho esta breve excursión en los dominios de la ley de causalidad, para preparar el ánimo de los lectores á la conveniente inteligencia del método de variaciones concomitantes, que vamos á explicar.



§ 3.—Si se tiene cuidado de formar dos series paralelas de hechos, en una de las cuales se noten las variaciones crecientes en la intensidad de un fenómeno, y en la otra se echen de ver variaciones correspondientes en el grado de un concomitante ó antecedente invariable de este fenómeno, nos persuadiremos que las dos circunstancias que han crecido ó decrecido juntas están ligadas por una relación de causalidad.

Mill formula así el canon de este método:

\* “Un fenómeno que varía de cierto modo, siempre que otro fenómeno varía de la misma manera, es causa ó efecto de este fenómeno, ó está ligado á él por alguna relación causal.”

§ 4.—La prueba de la causalidad se funda, en este método, en el constante crecimiento ó decrecimiento de un fenómeno, á medida que el otro crece ó decrece. Se comprende bien que la primera necesidad ha de ser poseer un número suficiente de casos para que la serie exista, pues leves oscilaciones alrededor de un punto medio nada probarían. Se comprende, además, que (el solo hecho de la correspondencia en las variaciones, si basta para sugerir una ley de causalidad y puede bastar para probarla, no basta de ninguna manera para indicar el sentido de la ley, pues la relación de causalidad es correlativa y no recíproca) es decir, si A es causa de B, B será efecto, pero de ninguna manera causa de A. Por tanto, después de haber establecido que A y B están unidos por una relación causal, es preciso, para completar la investigación, saber cuál de estos dos términos es la causa y el método de que hablamos, por sí solo no lo puede hacer.

Mill cita á este propósito un ejemplo elocuentísimo, la dilatación de un cuerpo y el grado de su temperatura, varían juntamente, lo cual nos sugiere la idea exacta que el calor es la causa de la dilatación, si hubiéramos invertido la relación admitiendo que la dilatación es la causa del calor, habríamos incurrido en un grave error, pues la dilatación de los cuerpos, debida á otras causas, hace bajar su temperatura. †

§ 5.—Dijimos que el método de variaciones concomitantes no se limita á las ciencias inductivas, las ciencias deductivas echan también mano de él, no para la demostración de los teoremas, pues éstos se establecen deductivamente, sino para dar un fundamento sólido á sus axiomas.

En mecánica racional, la primera ley del movimiento es un ejemplo acabado de correctísima aplicación del método de variaciones concomitantes, pues mostrando la experiencia que el movimiento comunicado á un cuerpo dura tanto más cuanto más disminuyen las resistencias, tales como el rozamiento, la resistencia del aire, muy rectamente se infiere que, si estas resistencias se redujesen á cero, la duración del movimiento sería igual al infinito. †

El sabio mexicano Gabino Barreda, hizo una de las más felices aplicaciones de este método, presentándolo como la base en que descansa el cálculo infinitesimal.

§ 6.—Parece una paradoja, mas es verdad, que el método de variaciones concomitantes, aunque de carácter inductivo, se aplica tanto mejor cuanto que los fenómenos, por su simplicidad, se aproximan más á los que tratan las ciencias deductivas. Esto se explica, considerando que en los fenómenos complejos el influjo de varias causas perturba la regularidad de la serie, ya interrumpiéndola, ya produciendo términos en que la relación se presente invertida.

Es bien sabido que, para los países situados al norte del trópico de Cáncer, la disminución progresiva de la declinación solar, desde el solsticio de invierno hasta el equinoccio de primavera, y en seguida el aumento gradual de la declinación del sol desde el equinoccio de primavera hasta el solsticio de estío, es una causa que tiende á producir el aumento diario de la temperatura de cada lugar, pues disminuye la oblicuidad de los rayos solares, y aumenta la duración del día desde el principio del invierno hasta el fin de la primavera; y, sin embargo, tomando nota de las temperaturas se ve que éstas no ofrecen una marcha uniformemente ascendente en correspondencia con el crecimiento gradual de la causa. Es muy común, por ejemplo, que un día de Febrero sea más frío que un día de Enero, lo cual es contrario á lo que hubiera sucedido si sólo hubieran influido la duración de la exposición solar y la magnitud del ángulo de incidencia de los rayos solares; pero no es así, una multitud de influjos atmosféricos se asocian á la constante astronómica. Estos influjos atmosféricos, variables en su intensidad y en su dirección, obran unas veces en el mismo sentido que la constante astronómica, y entonces produce una temperatura superior á la que ésta hu-



biera producido; obran otras en sentido contrario, neutralizando el efecto de la constante, y produciendo una baja termométrica.

En los fenómenos biológicos, en que la complicación es mucho mayor, las series son más difíciles de obtener, sin que exista una serie pura, exenta de toda irregularidad, de supresión ó de inversión de alguno de sus términos.

Puede considerarse como ya probado, que el grado de desenvolvimiento de las capacidades intelectuales y morales de un animal está en relación con el desarrollo de su sistema nervioso, y en el tipo vertebrado con el desarrollo encefálico, y en los mamíferos con el desarrollo del cerebro. Mas se engañaría mucho el que esperase poder obtener dos series perfectamente correspondientes, en una de las cuales estuviesen representados todos los grados de desarrollo psíquico, y en la otra todos los del desarrollo encefálico.

Esto proviene de la complejidad de los fenómenos respectivos, que produce la dificultad, y no pocas veces la imposibilidad, de valorarlos, corriéndose frecuentemente el peligro de tomar un coeficiente por el término todo, y lo que es peor, de tomar por el todo una parte cuya relación con el todo se ignora.

¿Qué medios tenemos para medir el desenvolvimiento psíquico de un ser? Muy pocos, ninguno adecuado; no ya tratándose de individuos de diferente especie, aun tratándose de la misma especie, de la nuestra, por ejemplo, como no sea por una apreciación de bulto, y por lo tanto, de muy escaso valor, es casi siempre difícilísimo saber cuál de dos tipos humanos es superior al otro. ¿Quién nos hará discernir la superioridad entre San Francisco de Asís y Newton? Si el primero descolló por el sublime grado que alcanzaron sus facultades afectivas, le supera el segundo por el altísimo grado de su inteligencia. Cuál de los dos insignes toscanos es superior, ¿Alighieri ó Galileo? optaremos por el primero si tomamos por base las aptitudes poéticas, por el segundo si nos apoyamos en las científicas. ¿Quién podrá decir si Laplace, genio de especulación, es superior ó inferior á Napoleón, hombre de acción?

Pues no sólo es casi imposible valorar el dato psíquico, casi las mismas dificultades se encuentran para valorar el dato

corporal; el simple peso del cerebro es á lo sumo un coeficiente, pero no es el representante fiel del desarrollo orgánico; hay que tener en cuenta la proporción ó el reparto entre las substancias gris y la blanca, y tratándose de la gris, sólo debe considerarse la cortical; deben además tenerse en cuenta las diferencias de estructura para cuya apreciación carecemos de medios, las diferencias de composición química que tampoco somos capaces de apreciar ó de medir. Debe considerarse además que el cerebro no es sólo órgano psíquico, sino que está ligado también á funciones corporales, de suerte que las simples diferencias de estatura producen diferencias en el tamaño del cerebro, habiendo probado ya los investigadores, que en igualdad de circunstancias, los hombres de grande estatura tienen un cerebro mayor que los de pequeña. Reflexiónese además que la estatura es sólo un coeficiente lineal del desarrollo corporal, pero el desarrollo en magnitud del cuerpo engendra el volumen, y el volumen sólo puede ser aproximativamente medido por el peso.

Se ve, por este análisis, que el método de variaciones concomitantes es de una aplicación tanto más difícil cuanto mayor es la complicación de los fenómenos que se consideran, y cuando ésta llega á cierto grado, difícil de precisar, el método por sí solo deja de ser probatorio, y se trueca simplemente en sugestivo.

#### MÉTODO DE LOS RESIDUOS.

§ 1.—El concurso de los agentes naturales produce como ordinario resultado objetivo la complicación de los fenómenos, y como resultado subjetivo la dificultad de investigar la Naturaleza y de identificar las leyes ó uniformidades naturales; si el fenómeno es instantáneo su aparición puede deberse á muchas causas, si tiene cierta duración, si es permanente, muchas influencias pueden obrar sobre él, imprimiéndole diferentes modificaciones.

Lo que ya sabemos de la Naturaleza es un apoyo poderoso para llevar adelante nuestras investigaciones. Aun tratándose de hechos nuevos, de agentes poco ó nada conocidos aún, lo que sabemos de otros fenómenos y de otros agentes, nos



sirve mucho para dilucidar lo que se refiere á un fenómeno nuevo, ó á un agente poco ó nada conocido todavía.

|| \* § 2.—El método que vamos á estudiar se funda precisamente en la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos á nuevos estudios, á nuevas exploraciones. Sucede á veces que en ciertas investigaciones no todo nos es conocido, ni tampoco nos es desconocido todo, podemos hacer, por decirlo así, la exacta liquidación entre lo que ya sabemos y lo que todavía ignoramos, referir cada hecho á su causa conocida, y separar aquellos otros cuya causa se ignora aún. ✕

Estos hechos, cuya causa no es conocida todavía, forman un sobrante, una resta ó un residuo, y el método que con el nombre de método de los residuos, vamos á explicar, tiene por objeto marcarnos el sendero que nos conduzca á la explicación de esos hechos, ó partes de hechos, sobrantes ó residuales. ✕

Mill formula el siguiente canon para regir este método:

“Restad de un fenómeno la parte que por inducciones anteriores se sabe que es efecto de tales antecedentes, el residuo del fenómeno será el efecto de los antecedentes restantes.” ✕

§ 3.—Como se ve, por este canon y por lo que antes asentamos, este método supone tres cosas: que en un concurso fenomenal nos explicamos una parte de los resultados y no nos explicamos el resto; que en la parte, cuya explicación podemos dar, referimos cada circunstancia á su causa ya determinada de antemano, y que ha estado presente en el concurso fenomenal; que la parte cuya explicación no podemos formular, el residuo, será referida á un conjunto de antecedentes bien comprobados en el caso.

Abundan los ejemplos en que una media ciencia sea el estado habitual de nuestro espíritu; ya porque no conocemos todas las leyes de la Naturaleza, ya porque no conocemos la aplicación de muchas de ellas, es muy frecuente que al tratarse de un conjunto fenomenal nos expliquemos una parte de los hechos, y no nos expliquemos otra.

✕ Tratándose de este punto, ha llegado á ser clásico el caso del descubrimiento de Neptuno por Leverrier. Habiendo estudiado el sabio francés los movimientos del planeta Urano, encontró que algunas perturbaciones de estos movimientos ✕

se podían explicar por el influjo de cuerpos celestes conocidos, mientras que otros no se explicaban más que admitiendo la existencia de un planeta nuevo, cuyos elementos calculó, habiendo sido este planeta encontrado en el sitio indicado por Gall, astrónomo de Berlín.

Esta brillante aplicación del método de los residuos, debióse á que siendo este método la transición, por decirlo así, entre la inducción y la deducción, el caso de que hablamos cayó por completo bajo el dominio deductivo y así se explica lo espléndido del resultado.) ✕

Mucho se engañaría quien en todos los casos se esperase tan soberano éxito. Si la cuestión de que se trata no pertenece á la esfera deductiva, sino á la fronteriza á la inductiva, entonces el método pierde su seguridad y no conserva más eficacia que la meramente sugestiva.

Acabamos de decir que el método de los residuos es el tránsito entre la inducción y la deducción, en efecto, Mill y Bain convienen en que este método tiene algo de deductivo; nosotros afirmamos con más precisión, diciendo que tiene tanto de inductivo como de deductivo. El canon formulado más arriba y que expresa el método en abstracto, indica bien esta composición por partes iguales, y en las aplicaciones concretas, según los fenómenos de que se trate, se aproxima ya á uno ya á otro de estos tipos de razonamiento. ✕

§ 4.—De esta circunstancia especial resulta que, más que los métodos anteriores, requiere el que en estos momentos nos ocupa, fijar con precisión los diferentes casos en que podemos ser llamados á aplicarle, para dar idea del grado de eficacia que á cada grupo de casos corresponde.

Presentaremos primero estos casos en forma simbólica: en un conjunto fenomenal tenemos los consecuentes a, b, c, d, e, f, y los antecedentes A, B, C, D, E, F. Por investigaciones anteriores se sabe que A. es causa de a., B. causa de b., y así sucesivamente hasta E., causa de e., pero no se sabe á qué causa se deberá el consecuente residual f.; habiendo quedado entre los antecedentes un antecedente residual F., inferimos en virtud del método que F. es causa de f. ✕

Tal es el caso más favorable á la aplicación del método y en que sus resultados son más brillantes.

Otro grupo de casos es aquel en que existe un consecuente



residual, pero no puede señalarse asimismo un antecedente residual, entonces se necesita suponer uno, y en tal caso el método pierde su eficacia, por la introducción de un elemento hipotético.

Apresurémonos á hacer una rectificación, meditando poco puede creerse que el descubrimiento de Leverrier, pertenece á este segundo tipo, mas reflexionándolo mejor, se ve que pertenece al primero. La universalidad de la ley de la atracción, y el ser ella la única fuerza capaz de modificar los movimientos de los cuerpos celestes, despojaba á la explicación de Leverrier del carácter de hipótesis, para imprimirlé el sello de una deducción correcta, que el telescopio de Gall no hizo más que comprobar. Los movimientos de Urano, no explicables por los planetas conocidos, no podían serlo más que por otro planeta, la magnitud de estos movimientos y el tiempo en que fueron observados, no podían ser explicados sino por un planeta que tuviera la magnitud, la distancia al sol y la situación que Leverrier, con la exactitud posible, calculó. Esto no fué, pues, una hipótesis, sino una rigurosa deducción.

Tal vez la parte más delicada del método de los residuos, así como la más importante, pues en cierto modo ella garantiza la operación, es el análisis preliminar del *complexus fenomenal*, y la exacta apreciación del residuo. Cuando se hace con buen éxito esta parte de la operación, se ha recorrido la mitad del camino, y el resto no ofrecerá tropiezo. Mas cuando no se ha efectuado bien esta parte capital la aplicación del método adolece de un vicio irremediable, que ya no podrá ser ni aun siquiera atenuado. ✕

## CAPITULO V.

## JERARQUIA DE LAS LEYES DE LA NATURALEZA.

§ 1.—Las uniformidades de la Naturaleza se parecen entre sí en que implican relaciones constantes de coexistencia, de sucesión, de causalidad, ó de igualdad entre los hechos; pero se distinguen por su diferente grado de simplicidad y de generalidad, que trae consigo la dependencia de las unas y la independencia de las otras. Unas son secundarias, y en tal

concepto dependientes, otras son primitivas, y en tal virtud independientes.

Las leyes secundarias, según lo expuesto, son de menos generalidad que las primitivas, y son consecuencia ó efecto de éstas; las leyes primitivas son de absoluta generalidad dentro de un orden dado de fenómenos, y no pueden presentarse como consecuencia de otras leyes, ó en otros términos, son inexplicables y sirven de explicación á las leyes secundarias.

Ningún ejemplo puede dar una idea mejor de esta importante diferencia que las leyes de Kepler y la ley de Newton, las primeras son secundarias, son la consecuencia de la ley de la gravitación; las primeras no se extienden más que á las masas planetarias, no rigen otros cuerpos, los terrestres, por ejemplo; mientras que la ley de la gravitación se extiende á toda la materia, es por tanto una ley universal, como de ordinario con tanta razón se la califica.

§ 2.—En las leyes secundarias cabe hacer una distinción muy importante que depende, no de ellas mismas, sino del estado de nuestros conocimientos. Hemos dicho que las leyes secundarias son todas ellas la consecuencia de las uniformidades primitivas, pero aunque esta proposición sea verdadera en abstracto, no la hemos verificado en lo concreto para todas las leyes secundarias, quiere decir, que en algunos casos se puede reducir una ley secundaria á las primitivas de que depende, y en otros no es posible hacer esto.

De aquí proviene que las leyes secundarias se dividan en dos categorías: las derivadas y las empíricas, las primeras son aquellas que podemos presentar como consecuencia ó efecto de la acción de leyes primitivas, las segundas son aquellas que no podemos todavía referir á las leyes primitivas de que dependen.

Decíamos antes que esta diferencia, no proviene de las leyes mismas; sepámoslo ó no, las leyes secundarias dependen siempre de ciertas leyes primitivas, que, obrando en común, las producen como resultado. Por eso dejamos establecido que tal división es absolutamente relativa al estado de nuestros conocimientos, y por eso también el progreso de éstos consiste, entre otras cosas, en convertir las leyes empíricas en leyes derivadas.