

fenómenos biológicos, son los resultados de las propias reacciones químicas; de estos resultados hay que partir cuando se quiere abarcar de una sola ojeada el estudio de todas las formas de la vida. Esto es lo que vamos á hacer inmediatamente.

CAPITULO II

EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO

§ 5.—Herencia y asimilación.

Las diferencias químicas que separan las diversas especies vivas son de toda evidencia. Entre la substancia de cerdo, la de la sardina, la de nabo y la de trufa, el observador menos experimentado no podría confundirse. Nuestro sentido del gusto basta á descubrir estas diferencias específicas; por el contrario, las diferencias entre individuos de la misma especie están tan poco acusadas desde el punto de vista químico, que es necesario, para evidenciarlas, un análisis cuantitativo de extremada precisión. Podemos, pues, como primera aproximación, hablar de substancia de hombre, de substancia de perro, de substancia de col, á pesar de las diferencias individuales que existen entre los diversos hombres, los diversos perros y las diversas coles; y también, á pesar de los diversos aspectos bajo los cuales se presentan en un mismo individuo formado de numerosos tejidos, la substancia de

hombre, la substancia de perro y la substancia de col.

Observemos un perro cachorro durante un mes; durante este tiempo consume una cierta cantidad de alimentos (oxígeno, agua, leche, etc.); devuelve al exterior cierta cantidad de excrementos (ácido carbónico, orina, heces, etc.); de otro lado, *crece*, es decir, que fabrica cierta cantidad de substancia de perro.

Del mismo modo que precedentemente hemos establecido, desde el punto de vista energético, la igualdad entre la energía suministrada al animal y la suma de las dos cantidades que representan, de una parte, la energía restituida al exterior, y, de otra, la energía localizada bajo forma de substancia de perro, del mismo modo, desde el punto de vista químico de la conservación de la materia, debemos encontrar, ya en los excrementos del animal, ya en la masa con que se ha aumentado su cuerpo, todos los elementos constitutivos de los alimentos consumidos: ha habido en el perro *fabricación de substancia de perro*, á expensas de una parte de las materias alimenticias, cuyo residuo se encuentra en forma de excrementos. He aquí el resultado que caracteriza la vida en todos los casos: una cierta cantidad de substancia viva distribuida bajo la forma de un individuo vivo, fabrica, por medio de sus reacciones complejas y con diferentes materiales (substancias alimenticias), una nueva cantidad de substancia de la *misma especie*.

Esta nueva cantidad de substancia así fabricada, ha *heredado*, pues, las propiedades específicas de la substancia preexistente que ha contribuido á su fabricación: éste es el primer punto de la *herencia*, estudiada desde el punto de vista químico: la *herencia química específica*.

No se tiene costumbre de hablar de herencia cuando se refiere el fenómeno de crecimiento de un animal; pero es fácil ver que desde el punto de vista puramente químico no hay diferencia alguna entre la fabricación de substancia viva específica, que en el interior de los tejidos mismos de un animal, y la fabricación de substancia viva específica en las condiciones en que la cantidad nueva de substancia producida se reparta entre un número más ó menos grande de individuos análogos al primero; se reserva ordinariamente el nombre de *herencia* al caso de la multiplicación de los individuos, y se llama *asimilación* la fabricación de substancia específica de la que resulta el crecimiento de un individuo determinado; pero si no se repara en el fraccionamiento, los dos fenómenos son idénticos.

He aquí un primer resultado: la actividad vital se traduce por la fabricación de substancias específicas; la herencia específica es característica de la vida.

Si nos limitáramos al estudio de seres tan complicados como el perro ó el hombre, sería difícil agregar algo á la precisión de esta primera fórmula, porque aún no estamos en condiciones de

descubrir las diferencias químicas que separan entre sí á los diversos hombres y á los diversos perros; mas, por el contrario, se llega á ello muy fácilmente si se dirige la atención sobre organismos elementales cuyas propiedades químicas individuales tienen manifestaciones muy notables, como, por ejemplo, en ciertos microbios, cuyos caracteres personales se traducen por una *virulencia* más ó menos grande respecto de un animal superior.

En el caso de los microbios no es ya el crecimiento del cuerpo lo que se observa, sino la multiplicación resultante de una fragmentación que acompaña á la asimilación. La observación atenta de uno de estos microbios prueba que la multiplicación de que es objeto en un medio convenientemente escogido, produce no sólo microbios de la misma especie, sino microbios que tienen las mismas propiedades *individuales* que el primero.

El cultivo de un microbio virulento en un caldo, produce microbios virulentos; el de un microbio atenuado, produce microbios atenuados; no hay sólo *herencia química específica*, sino también *herencia química individual*.

Este hecho, de capital importancia, se verifica en todos los casos en que uno de los caracteres químicos é individuales es fácil de evidenciar; pero hay que hacer inmediatamente reservas sobre el grado de precisión de que esta comprobación es susceptible, porque la ley de herencia no

es más que una *ley aproximada*, y por esta razón hay variaciones en la naturaleza viva. Veamos lo que hay que entender por *ley aproximada*.

§ 6.—¿Qué es una ley aproximada?

Cuando se deja caer una piedra en un pozo, se puede establecer una relación matemática entre la duración de la caída y la profundidad del pozo. Todo el mundo conoce, en efecto, la ley de la caída de los cuerpos, pero esta ley no es exacta sino en el vacío; en el pozo hay aire, y el rozamiento del aire contra la piedra retarda su caída; la ley sencilla conocida, no es, pues, en este caso, sino una ley aproximada, sólo que se llega á conocer de otra parte la ley de retardo por el rozamiento, y se la aplica para *corregir* el error que resulta de la aplicación de la primera ley.

El hombre ha encontrado cómodo descomponer en dos partes distintas un fenómeno perfectamente único: la caída del cuerpo en el aire; gracias á esta descomposición, aplica dos leyes relativamente sencillas y muy generales al estudio de un movimiento para el que le sería más difícil dar una fórmula única que tuviese alguna generalidad. Las leyes naturales son las fórmulas humanas en las cuales descomponemos la

descripción de la actividad del mundo conocido por nosotros (1).

En el caso precedente sabemos corregir con precisión la ley aproximada de la caída de los cuerpos; no resulta lo mismo con la ley de Mariotte, que es el modelo de las leyes aproximadas. En efecto, no sabemos calcular aparte las correcciones, que, añadidas en cada caso á los números suministrados por la ley de Mariotte, transformarían estos números en aquellos que suministra la experiencia. Merced á una experimentación poco precisa se ha descubierto esta ley aproximada, cuyo uso es tan cómodo en ciertos casos.

§ 7.—La destrucción química.

Es fácil comprender que la ley de herencia no es sino una ley aproximada.

Una reacción química, cualquiera que ésta sea, depende siempre de los reactivos que están en presencia mutua; si una modificación se produce en la naturaleza de estos reactivos, es de esperar una modificación correspondiente en la naturaleza de la reacción. No hay razón alguna *a priori* para que suceda de otro modo en el caso en que

(1) Véase *Les lois naturelles*, cap. XXVII.

uno de los elementos de la reacción sea un cuerpo vivo; un cuerpo vivo reacciona de diversos modos con diversos reactivos; y, en efecto, si hay casos en que el resultado de sus reacciones es el acrecimiento de su substancia, hay otros en que, por el contrario, esta substancia se destruye, transformándose en substancias diferentes, que ya no son vivas ó han perdido, en otros términos, la facultad de reaccionar según la ley de herencia ó de asimilación.

Cuando observamos un cuerpo vivo en la Naturaleza, habría que admitir que un azar muy grande ha acumulado á su alrededor únicamente los materiales en presencia de los cuales es objeto de reacciones de asimilación, sin ninguna reacción destructora. Esto se produce, sin duda, en algunas experiencias de laboratorio. Por ejemplo, parece que el *aspergillus niger* encuentra en el líquido descubierto por Raulin condiciones en que asimila sin destruirse, pero es verosímil que en la Naturaleza sean excepcionales casos análogos.

Es cierto, por el contrario, que los casos de destrucción y de muerte son mucho más frecuentes que los de asimilación ó de vida, y cuando las reacciones destructoras predominan sobre las asimilatrices, los cuerpos vivos cesan de serlo, y su estudio no presenta ya ningún interés biológico. Debemos, pues, estudiar más particularmente los fenómenos que se producen cuando las reacciones de asimilación predominan sobre

las destructoras, ó al menos las contrapesan de manera que aseguren la supervivencia de los cuerpos estudiados; pero no olvidaremos que, probablemente, en la mayor parte de los casos observados hay siempre reacciones destructoras más ó menos importantes, al lado de reacciones constructoras y de asimilación.

Aun cuando sea, generalmente, muy difícil, si no imposible, realizar reacciones asimiladoras absolutamente desprovistas de reacciones destructivas, podemos siempre, siguiendo la regla de las leyes aproximadas, hablar del fenómeno de asimilación como si se produjera solo, salvo que habrá que corregirlo por los fenómenos concomitantes de destrucción, á fin de obtener una descripción perfecta de lo que pasa en la Naturaleza.

Para fijar las ideas sin establecer ninguna hipótesis, he propuesto llamar *condición número uno* al conjunto de circunstancias en el cual se produce para un cuerpo vivo dado una asimilación pura de toda destrucción, y *condición número dos* al conjunto de circunstancias (evidentemente realizable de una infinidad de modos) en el cual se producen reacciones destructivas del cuerpo considerado.

Por definición, siempre que hay propagación de la vida, la condición número uno predomina sobre la número dos, y éste es el único caso que interesa al biólogo; pero ¿de qué manera se traduce en cuanto á las propiedades de los indivi-

duos vivos esta superposición de reacciones constructivas y destructivas? Esto es lo que vamos á investigar.

§ 8.—La variación química.

Se podría suponer sin inverosimilitud, dada nuestra ignorancia actual de la estructura química de los cuerpos vivos, que las *destrucciones* disminuyen solamente la cantidad de las sustancias resultantes de la asimilación sin alterar sus propiedades. En ese caso no habría *variación* en el sentido estricto; los cuerpos vivos actuales tendrían que ser *idénticos* á los cuerpos vivos de las épocas geológicas, y las destrucciones ocurridas en el curso de las edades hubieran tenido por único resultado oponerse al crecimiento demasiado rápido de la masa de los cuerpos vivos. En otros términos, no hubiera habido evolución química de las sustancias vivas.

Una observación muy elemental hecha sobre los seres más sencillos, las bacterias, prueba que no es ese el caso. Una bacteria sometida á reacciones destructoras cambia de *propiedades*; no tenemos que preguntarnos por qué; esta observación debe ser, por el contrario, un punto de partida para el estudio de los fenómenos biológicos. He demostrado en otra parte (1) que

(1) *Traité de Biologie*. Paris, Alcan, 1903.

una hipótesis muy sencilla permite explicarse el mecanismo de esta variación. Basta considerar la substancia bacteriana, no como una substancia única químicamente definida, sino como una mezcla de substancias distintas, cada una de las cuales se destruye por su cuenta, mezcla cuyas propiedades varían al mismo tiempo que sus proporciones.

Sin establecer hipótesis alguna, contentémonos con señalar este hecho: las propiedades de la bacteria sometida á ciertas influencias *varian*. Desde el momento en que cualquiera de estas influencias está en juego, la herencia, la asimilación, no son ya más que leyes aproximadas, y para comprobar la existencia de estas leyes hay que estudiar los casos en que no intervienen causas destructivas, ó al menos sólo intervienen en una proporción insignificante.

§ 9.—La variación transmitida.

Sin abandonar el punto de vista puramente químico llegamos inmediatamente á esta observación notable, y que nos da ciertamente respecto de la substancia viva la más fecunda noción: supongamos suprimida en un *momento cualquiera* toda causa destructiva en una línea á la cual proporcionamos nosotros los elementos

de asimilación, se formará, por tanto, substancia *idéntica* á la que constituía en el momento considerado la substancia de la línea; dicho de otro modo: mientras no interviene una nueva causa destructiva, *la substancia viva se multiplica con todas las propiedades que ha ADQUIRIDO en el curso de las variaciones precedentes*; el fenómeno de la asimilación se hace aún más sorprendente por el hecho de que, en vez de estar limitado á cierto número de substancias, una vez escogidas, puede manifestarse en una cualquiera de las modificaciones que en número infinito resultan de las destrucciones parciales extremadamente variadas de estas substancias.

He aquí, por ejemplo, una bacteridia carbuncosa: la someto á reacciones destructivas que la convierten en una bacteridia atenuada, luego la transporto á un caldo de cultivo, y *¡se multiplica bajo esta forma atenuada!*

Estudiemos una línea viva que dura desde su origen: esta línea presenta una serie continua de reacciones asimiladoras, pero á cada instante de su historia, la asimilación es relativa al estado *momentáneo* de la substancia estudiada, y, por consiguiente, si la historia genealógica del cuerpo considerado presenta una serie de variaciones muy numerosas, también presenta una serie *equivalente* de fenómenos de asimilación, cada uno de los cuales corresponde á una de las variaciones y la conserva hasta la variación siguiente. Esto tiene algo de maravilloso dada la

precisión absoluta que se desprende de la definición misma de la asimilación.

Verdad es que si hubiera sucedido de otro modo, no habiéramos podido notar hoy la asimilación en uno de los seres actualmente vivos, y que se derivan todos de seres diferentes; en el momento presente vemos una asimilación relativa al estado actual de cada cuerpo vivo. Puesto que hemos sido llevados á definir la vida por la asimilación, las observaciones precedentes van á parar á esta otra demostración que parece encerrar dos proposiciones contradictorias: «los cuerpos vivos pueden *variar sin morir*». Desde el momento en que han quedado vivos, son susceptibles de *asimilación* en su nuevo estado; es decir, que la *variación adquirida* es transmitida á la progenitura química del cuerpo estudiado, siempre bajo la reserva de una nueva variación, que será igualmente adquirida respecto de las asimilaciones ulteriores, y así sucesivamente. Si se quiere, pues, una precisión absoluta, no se puede hablar de la asimilación sino durante un intervalo de tiempo muy corto según lo que se acostumbra en el cálculo diferencial.

Pero si esto es así, ¿cómo es que la observación del mundo viviente durante un período bastante largo para nosotros, nos permite deducir la ley de asimilación ó de herencia? La razón es que generalmente esta ley de asimilación ó de herencia es *muy aproximada*; que, en otros términos, la *variación posible* en el curso de las

asimilaciones sucesivas es muy limitada, *so pena de muerte*.

Esta restricción *so pena de muerte* domina toda la biología. Una vez que un cuerpo ha perdido la propiedad de la asimilación, ya no nos interesa; en nuestro estudio no tenemos que considerar otros cuerpos que los que forman parte de una línea, y no los que la terminan para siempre. Cuando observamos un cuerpo que vive hoy, podemos afirmar que forma parte de una línea que se puede remontar sin interrupción hasta su primer antepasado; en otros términos, que entre todas las variaciones que se han manifestado en esta línea ascendente, *ninguna ha producido la muerte*.

Esta observación parece fútil, y, sin embargo, contiene todo el principio de Darwin expresado en otra forma. Si se llama *azar* al conjunto de circunstancias que á cada instante se realizan en cada punto del globo, todos los seres actualmente vivos son producto del azar que ha ocasionado todas las variaciones pasadas; pero como el azar es algo esencialmente indeterminado, se debe pensar que todas las posibilidades pueden encontrarse entre los seres actualmente vivos que son hijos del azar; y, por consecuencia, aunque las formas y las propiedades de estos seres sean, en efecto, en extremo numerosas (aún no se conoce el número formidable de las especies actuales, y tal vez no haya dos individuos idénticos en cada una de ellas), debemos admirarnos

de que no lo sean más, dado el tiempo durante el cual el azar ha influido sobre sus ascendientes. También es de admirar, si se reconoce en el azar el único agente de la fabricación de estas especies, que cada una de ellas presente propiedades tan maravillosas, una precisión de mecanismo tan admirable.

Este asombro cesa si nos fijamos en las consideraciones precedentes sobre la *continuidad* de las líneas; á cada instante de la vida del mundo es realmente el azar el único que determina la variación en toda la substancia viva de un modelo actual dado, y se producen, en efecto, variaciones *absolutamente cualesquiera*, pero la mayor parte de estas variaciones causa la muerte de las cantidades de substancias que son objeto de ellas. Si toda la substancia muere, la línea ha terminado, *y no tenemos para qué ocuparnos de ella*. Si entre estas variaciones hay algunas que no produzcan la muerte, la línea se continúa con los resultados de estas variaciones, y entonces es evidente que no es el mero azar el que puede ser invocado para explicarla, puesto que los factores del azar están precisados, en este caso particular, por la cláusula restrictiva «so pena de muerte».

Darwin ha dado el nombre de *selección natural* á esta selección, que debemos hacer á cada instante de la historia del mundo, de aquellos factores del azar que no producen la muerte de la substancia viva de la línea estudiada en un mo-

mento dado. Y puesto que para cada uno de los cuerpos actualmente vivos es cierto que la línea no ha sido interrumpida, podemos decir, en un lenguaje figurado, que la *selección natural* ha guiado la variación de manera que produzca todos los seres actualmente vivos. Esta selección natural juega también, en una narración histórica de los hechos pasados, el papel de una *providencia*, que, con el fin de obtener los seres con sus formas actuales, hubiera dirigido intencionadamente las variaciones de los antepasados.

En resumen: un ser vivo, en la actualidad, forma parte de una legión escogida, y descende de seres que han formado parte de una selección en cada momento de la historia del mundo.

Dados todos los azares de destrucción, á cada instante hay que admirarse de que los fenómenos destructivos no dominen muy pronto sobre los constructivos, que deben ser mucho más raros á causa de la precisión de las causas que exigen; pero el fenómeno de asimilación tiene precisamente por resultado multiplicar muy pronto las substancias que han sido objeto de variaciones felices, de suerte que, á cada instante, se reparan con exceso las pérdidas causadas por la destrucción.

Estudiadas las cosas desde un punto de vista algo diferente, se puede decir con Malthus que nacen á cada instante muchos más seres de los que pueden vivir; y como todos los seres, viviendo conjuntamente, contribuyen por su parte á la

determinación de este conjunto de circunstancias que hemos llamado azar, se puede decir también, de un modo figurado, con Darwin, que hay *concurrentia vital ó lucha por la existencia* entre los seres que viven en cada instante. También se puede decir que los que han sobrevivido han triunfado sobre los que han muerto, y de ahí la fórmula preconizada por H. Spencer, *la persistencia del más apto*.

En el fondo, todas estas fórmulas sugestivas no tienen otro fin que el de ilustrar, en algunas de sus consecuencias más salientes, la cláusula restrictiva «so pena de muerte» y la continuidad de las líneas que han llegado hasta los seres actualmente vivos.

§ 10.—La variación es lenta.

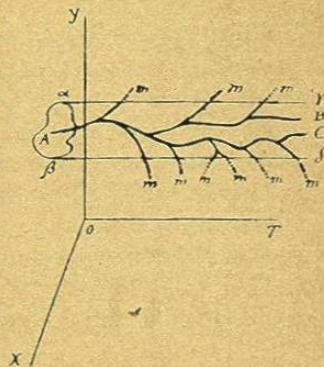
La ley de herencia es, como hemos dicho, una ley *muy aproximada*. En la mayor parte de los casos se ve, en efecto, que una serie de fenómenos de asimilación produce una multiplicación considerable de los cuerpos vivos sin variación sensible; la cláusula restrictiva «so pena de muerte» limita á muy estrechas barreras las modificaciones posibles en un cuerpo en vía de multiplicación. Precisamente por la necesidad de la causa, por establecer las influencias de los antepasados, hemos tenido que mezclar á los hechos

actuales de asimilación los hechos menos sensibles de variación.

Hemos empleado con ello un artificio análogo al de los físicos que quieren representar un fenómeno por una curva cuando una cantidad varía muy lentamente en función de otra; escogen para medir estas cantidades unidades de órdenes de magnitud muy diferentes, lo mismo que los geógrafos, para dar una idea del relieve de un gran país, cuentan las alturas en metros y las distancias horizontales en kilómetros. Si fuera posible representar por un punto (1) en el espacio el estado de una línea á cada instante, sería preciso, para que la curva trazada por los puntos que representan los estados (2) sucesivos en fun-

(1) Esto es, seguramente, imposible á causa de la complejidad de las substancias vivas; es preciso no ver más que un simbolo cómodo en todo lo que sigue.

(2) Los estados, bien entendido, independientemente de las cantidades de substancia. Supongamos, por ejemplo, que para la substancia figurada en A, en el plano XOY , la condición de vida está representada por la necesidad de estar comprendido en el interior del cilindro $\alpha\beta\gamma\delta$, paralelo al eje de los tiempos OT . La línea sinuosa de la figura conducirá á dos estados vivos, B y C, y á un gran número de estados muertos, m , que no hay para qué tener



ción del tiempo fuese sensiblemente sinuosa, tomar una unidad de tiempo extremadamente considerable y representar siglo por milímetro. La substancia humana, por ejemplo, no parece haber cambiado enormemente desde la época en que los caldeos estudiaban astronomía, porque en la especie humana la cláusula restrictiva «so pena de muerte» disminuye enormemente las posibilidades de variación.

No sucede lo mismo con ciertas especies vivas más sencillas, como, por ejemplo, la bacteridia carbuncosa, que es susceptible de muy notables variaciones en muy poco tiempo. En algunos días es posible fabricar, con una bacteridia de virulencia dada, bacteridias de virulencia diferente; la virulencia es una propiedad de la cual poseemos reactivos muy sensibles, y ésta es una razón para nosotros de poder observar en los microbios variaciones rápidas; pero no es la única, como vamos á ver en el capítulo siguiente.

en cuenta. El tubo $\alpha\beta\gamma\delta$ figurará, pues, la selección natural; realizará la *canalización del azar*. Observemos inmediatamente que en la figura adjunta esta canalización, hecha por un cilindro paralelo al eje de tiempo oT , corresponde á condiciones de vida *constantes* en cuanto á la línea considerada; todo cambio de condición en un momento dado, se traducirá por un cambio de cilindro; en general, la canalización del azar será representada por una superficie, de forma cualesquiera, compuesta de elementos cilíndricos muy cortos, de generatrices paralelas al eje oT . Esta cuestión de la *canalización del azar* es importantísima, y la expongo en un lenguaje menos algebraico al principio del segundo libro.

CAPITULO III

EL PUNTO DE VISTA «MECANISMO»

§ II.—El mecanismo individual.

Para hablar de la continuidad de la vida con la suficiente generalidad, nos hemos colocado en el punto de vista puramente químico, y esto era indispensable puesto que la única particularidad que nos ha parecido característica de todos los seres vivos es de orden químico; y en realidad, si nos atuviéramos á la consideración de los seres unicelulares, no tendríamos necesidad de colocarnos en otro punto de vista. La substancia viva que es viscosa, crea á su alrededor, reaccionando en un medio líquido, un movimiento de cambios nutritivos y excrementicios, uno de cuyos resultados es dar forma y dimensiones limitadas á las masas activas de estas substancias (1); de suerte que, cuando se habla de una masa determinada de substancia bacteridiana, por ejemplo, se trata, no de una masa continua de materia,

(1) Véase *Traité de Biologie*, cap. I, § 2.