

ERNST MACH

1905

CONOCIMIENTO
Y ERROR

Traducción de Cortés Pla

BD 163.M3

C. 111.415

ESPASA-CALPE, S.A.

1948

Primera edición especialmente preparada para esta Colección



IMPRESO EN ARGENTINA
PRINTED IN ARGENTINE

Queda hecho el depósito dispuesto por la ley número 11.723
Copyright by Compañía Editora Espasa-Calpe Argentina, S. A.
Buenos Aires, 1948

ERNST MACH

En Turas, pequeña población de Moravia, nació Ernesto Mach el 18 de febrero de 1838. Graduado en la Universidad de Viena, a los 23 años era ya "privatdozent", para poco después ser profesor de matemática en Graz (1864), de física en Praga (1867) y finalmente en Viena. Su labor magistral de docente, de investigador y de publicista, le proporcionó el título de "Rector magnificus". En esta muy esquemática síntesis puede condensarse su carrera universitaria.

En cuanto a su actividad científica debemos limitarnos a decir que son numerosas y de jerarquía poco común sus contribuciones en el campo de la física, la psicología, la historia y filosofía de la ciencia. Entre sus obras más destacadas, citemos su célebre "Contribución al análisis de las sensaciones" (1886) donde sostiene la conveniencia y necesidad de desarrollar la física sobre conceptos cuya extensión a otros campos de la ciencia no puedan conducir a falsas o equivocadas interpretaciones, tendiendo así hacia ese ideal de "ciencia unitaria" o "unidad de la ciencia" que inspira su filosofía. Tal idea directriz es ya enunciada en la introducción cuando expresa: "sólo deseo adaptar en física un punto de vista que no tenga que ser abandonado inmediatamente cuando examinemos el campo de otra ciencia. Pues todas las ciencias forman esencialmente un todo"; y al decir: "La base de todas mis investigaciones acerca del fundamento lógico de la física así como de la fisiología de las percepciones, ha sido una única opinión: que todas las proposiciones metafísicas deben ser eliminadas, porque son inútiles y perturbado-

ras para el propósito económico de la ciencia", sistematiza su posición filosófica proclamando —como señaló Philipp Frank— "la unificación de la ciencia por medio de la eliminación de la metafísica", entendiéndolo por esto último, "la eliminación de todas las oraciones que no son reducibles a oraciones que contengan sólo términos de lo perceptible como predicados" ("Between Physics and Philosophy", 1941, versión castellana: "Entre la Física y la Filosofía").

Esta "economía" en la exposición de los hechos científicos y esta necesidad de tender a estructurar una ciencia unitaria, fué intentada por Mach en su obra más importante: "La mecánica y su evolución—Exposición crítica e histórica de sus principios" (1883) —cuya primera versión castellana hemos dado en nuestra Colección de Historia y Filosofía de La Ciencia, en traducción del profesor José Babini. Con rigor lógico extraordinario y con una claridad notable en los conceptos, Mach analiza la evolución de la mecánica, critica los principios fundamentales tal como los imaginó Newton y plantea una serie de problemas o sugerencias que confieren a esta obra un lugar de privilegio en la historia y la filosofía de la ciencia. Su norte es la descripción de los fenómenos de manera que sea posible legar "a una concepción de los hechos clara, unitaria, lógica y fácil"; y "la tendencia de este libro —dirá al empezar— es explicativa, o para decirlo más exactamente, antimetafísica".

Su Historia y origen del principio de conservación de la energía, sus investigaciones ópticoacústicas, su Compendio de física para médicos y muchas otras obras, son nuevas pruebas de su extraordinario talento.

*
* *

El volumen que entregamos al lector de habla castellana, permite al hombre culto, por la sencillez y claridad del lenguaje y los conceptos, apreciar las líneas directrices del pensamiento de Mach. Su primera edición alemana aparecida en 1905 despertó tanto interés que

en menos de un año debió procederse a su reimpresión. Enseguida mereció el honor de ser traducido a otros idiomas.

Es que "Conocimiento y error" es uno de esos libros que se leen con creciente interés y provecho. Pleno de sugerencias, nos muestra las conexiones entre distintas ramas de la ciencia; nos informa acerca del valor de las sensaciones y de las representaciones, y de nuestras experimentaciones mentales y físicas; destaca el significado de la hipótesis y el papel que juegan en la ciencia; explica el proceso seguido en la elaboración de los conceptos; enseña como se plantean los problemas y se discriminan los pseudo problemas; subraya la adaptación de los pensamientos a los hechos y de los pensamientos entre sí, en un análisis hondo y cautivante; fundamenta la conveniencia de reemplazar la relación de causa a efecto por la noción de función, en aras de una mayor precisión y de una aplicación más extensa; propugna, anticipándose a su época, el rechazo del espacio y del tiempo absoluto newtoniano a los que considera algo "hiperfísico", "variables primitivas independientes y no inmediatamente accesibles"; eslabonando así —entre otros argumentos— la posición de Mach frente a la ciencia y a la filosofía.

Pese a su reiterada insistencia en declarar que escribe para científicos y no para filósofos, sus ideas han incidido fuertemente en la filosofía. Tanto que dieron origen al llamado "Círculo de Viena" que floreció alrededor de 1930 y cuyas figuras señeras —Moritz Schlick, Philipp Frank, Rudolf Carnap, Otto Neurath, H. Hahn— crearon lo que se conoce con el nombre de "empirismo lógico" o también con el de "positivismo lógico" a propuesta de Herbert Feigl.

Escapa al marco de esta presentación bosquejar tan siquiera la trascendencia de las ideas filosóficas y científicas del sabio austriaco. Dejamos al lector el placer de ahondar en ellas y de justipreciar el grado de validez de su criterio acerca de la "economía" en la exposición de los hechos, como objetivo del quehacer científico.

Recordemos solamente que Mach ha provocado la crítica despectiva o irritada de algunos físicos, filósofos, historiadores y sociólogos, así como el elogio sin límites de otros. Esto sólo, es prueba que se trata de un pensador original de gran talento y penetración. De buen o mal grado, sus ideas no pueden ser ignoradas. Se nos imponen necesariamente para fundamentar una adhesión o una oposición, parcial o total. No creemos que su obra sea negativa o perjudicial al progreso de la ciencia. Tampoco nos atreveríamos a afirmar que son irrefutables en absoluto. Pero lo que sí puede decirse, serenamente, es que este hombre excepcional —fallecido en Haar (Alemania) el 9 de febrero de 1916— ha arrojado una luz nueva y fecunda en el campo filosófico y físico.

C. P.

MACH.

PREFACIO

Sin ser filósofo, hasta sin aceptar el nombre, el sabio tiene necesidad imperiosa de examinar los métodos con los cuales adquiere o extiende sus conocimientos. Para lograrlo lo más directamente posible, debe considerar con atención, el crecimiento de los conocimientos humanos en su dominio especial y en los dominios circundantes; sobre todo, debe investigar los *motivos particulares* que guían al investigador. Es muy necesario que tales motivos se le aparezcan más fácilmente que a cualquier otro, a aquellos que conocen bien la ansiedad que acompaña a la investigación y la satisfacción que reporta la solución. El sabio podrá declararse satisfecho si reconoce que la actividad psíquica consciente del investigador es una modificación metódicamente explicada, aguzada y afinada de la actividad instintiva de los animales y de los hombres, actividad que interviene diariamente en la vida en el estado natural y en la civilización.

No tenemos el derecho de desdeñar el trabajo de esquematización y de clasificación de los conocimientos metodológicos, aunque no se haya hecho en el estadio conveniente del desarrollo de la ciencia, aun cuando sea insuficiente. Pero, es necesario decirlo bien alto, que si puede ser adquirido de una manera general, el hábito de la investigación se encuentra estimulado mucho más por los ejemplos particulares y vivientes que por fórmulas abstractas, a las cuales únicamente los ejemplos pueden darle algún contenido inteligible y concreto.

He ahí por qué sobre todo, son sabios como Copérnico, Gilbert, Kepler, Galileo, Huygens, Newton, y más cerca nuestro, J. F. W. Herschel, Faraday, Whewell, Maxwell, Jevons y otros, quienes por sus ejemplos han rendido servicios reales a los discípulos de la ciencia.

Durante el invierno de 1895-1896, di un curso sobre la psicología y la lógica de la investigación científica, donde ensayé relacionar, tanto como fuera posible, la psicología de la investigación científica a los pensamientos autóctonos de las ciencias. Las páginas de este libro contienen, libremente rehechas, un extracto de la materia tratada en ese curso. Por ellas espero impulsar a los jóvenes físicos a ampliar el círculo de sus ideas y, al mismo tiempo, señalarles las de las ciencias colindantes poco estudiadas por ellos, cuyo examen les ofrecerá por lo tanto, esclarecimientos sobre el pensamiento en sí mismo.

Naturalmente a la ejecución de este plan se le achacarán muchos defectos. Siempre he experimentado un vivo interés por las ciencias colindantes con la mía y por la filosofía; pero naturalmente sólo ha podido recorrerlas como *amateur*. Digo con Schuppe: el país de lo trascendente me está cerrado, y además, declaro abiertamente que sus habitantes no pueden en ninguna forma excitar mi curiosidad científica. Es fácil, pues, medir el abismo enorme que me separa de muchos filósofos. Lo he dicho ya explícitamente: *no soy más que un sabio y no soy absolutamente un filósofo*. Si a pesar de ello, a veces se me cuenta como tal y en una forma un poco rimbombante, no soy responsable. Pero naturalmente, como sabio no quiero abandonarme ciegamente a la dirección de un filósofo particular, así como lo exige de sus enfermos el médico de Molière.

He aquí en qué consiste lo que busco hacer por la metodología científica y la psicología del conocimiento. No pienso introducir una filosofía nueva en las ciencias de la naturaleza, pero quisiera eliminar una antigua fi-

losofía envejecida, y este esfuerzo ha sido —por otra parte— mal tomado por más de un sabio. Entre los numerosos dogmas filosóficos que han aparecido en el curso del tiempo, existen bastantes que los mismos filósofos han reconocido como errados o expuestos en una manera tan clara que pueden fácilmente ser reconocidos como tales por toda persona no prevenida. Encontrando en las ciencias una crítica menos atenta, estos dogmas han subsistido más largo tiempo: son inútiles, hasta crean pseudo-problemas peligrosos y ociosos; no hay nada mejor que ponerlos a un costado. Si en esto he hecho obra útil, a decir verdad, el mérito corresponde a los filósofos, y si éstos lo rechazan la generación venidera quizá será más justa a este respecto de lo que quieren serlo ellos mismos.

Durante más de cuarenta años, no siendo prisionero de ningún sistema, he tenido oportunidad en el laboratorio y en el aula, de examinar los caminos por los cuales progresa el conocimiento. He tratado de exponerlos en distintos escritos. Pero, aquí también, lo que he observado no es de mi exclusiva propiedad. Otros investigadores atentos a menudo han percibido las mismas cosas o cosas muy próximas. Si su atención no hubiera sido acaparada por los menudos detalles del quehacer de la investigación al punto de dejar caer en el olvido muchos descubrimientos metodológicos, todo lo que presento ahora como psicología del conocimiento sería desde hace tiempo, la posesión asegurada de los sabios. Por eso mismo, no creo que mi trabajo sea perdido. Quizá los filósofos reconozcan algún día en mi tentativa un esclarecimiento filosófico de la metodología de las ciencias de la naturaleza y ellos por su lado efectuarán un paso en ese sentido; aun cuando ello no sucediere, espero ser útil a los sabios.

Viena, mayo 1905.

CAPÍTULO PRIMERO

CIENCIA Y FILOSOFÍA

Dentro de condiciones simples, constantes y favorables, los seres vivos inferiores se adaptan a las circunstancias por reflejos innatos y esto es suficiente generalmente para asegurarles durante cierto tiempo la conservación del individuo y de la especie. En condiciones más complicadas y menos constantes, el animal sólo resiste si es capaz de adaptarse a las modificaciones más considerables del medio. Para ello le es necesario *ver más lejos* en el espacio y en el tiempo; llega a eso ante todo gracias a órganos de sentidos más perfectos y como consecuencia del crecimiento de necesidades, la *inteligencia* se desarrolla más. En el hecho, un ser vivo teniendo *memoria*, posee desde el punto de vista psíquico un campo de acción más extenso que aquel que sus sentidos le permitirían alcanzar directamente en el espacio y en el tiempo. Lo que aseguró al *hombre* primitivo una ventaja cuantitativa sobre los animales con quienes vivía, fué simplemente la potencia de su memoria individual, sostenida progresivamente por los recuerdos comunes de los antepasados y de la raza.

Igualmente, el progreso de la civilización está caracterizado esencialmente por el hecho que la actividad del hombre alcanza cada día regiones más extendidas del espacio y del tiempo. Por un grado más avanzado de civilización, la división del trabajo y el desarrollo de la industria proporciona una *facilidad* más grande de la vi-

da, y el individuo orientándose hacia un grupo de hechos más restringidos, sus ideas tienen más fuerza sin que las del pueblo entero tenga menos extensión.

Entonces, poco a poco, puede hacerse una especialidad de esta manera de pensar intensiva: el pensamiento científico, nacido del pensamiento popular, cierra el desarrollo biológico continuo que comienza en las primeras y más simples manifestaciones de la vida.

En la mayor parte de los hombres, el papel de la inteligencia es el de completar por el pensamiento un hecho parcialmente observado. El cazador se representa las costumbres de la caza que acecha para conformar su manera de cazar. El agricultor piensa en las tierras convenientes, en el instante oportuno para la siembra, en la época de maduración de una planta que desea cultivar. La conclusión por el pensamiento de un hecho dado, es solamente en parte un rasgo *común* del pensamiento vulgar y el espíritu científico. Galileo busca simplemente representarse todo el curso del movimiento de una piedra lanzada en una dirección determinada con una velocidad inicial dada.

Es por otro rasgo que el pensamiento científico *difiere* muy frecuentemente del vulgar. Este, por lo menos en sus comienzos, sirve a fines *prácticos* y ante todo tiende a la satisfacción de las necesidades del cuerpo. El pensamiento científico, más intenso, se crea objetivos propios, busca satisfacerse a sí mismo y suprimir cualquier inquietud *intelectual*. Se desarrolla sirviéndose de los objetivos prácticos pero pasa a ser su propio maestro. El pensamiento vulgar no visa *objetivos científicos puros*; por eso está afectado de muchas insuficiencias, como el pensamiento científico en sus comienzos. El pensamiento científico sólo se liberó de esos defectos poco a poco.

Si echamos una mirada hacia atrás, se ve que el progreso científico es debido a una corrección continua del pensamiento vulgar. Cuando la civilización progresa, el

espíritu científico influye a su turno sobre el pensamiento que visa objetivos prácticos: el pensamiento *técnico*, científicamente inspirado, sustituye al pensamiento vulgar cuyo campo reduce de más en más.

La *representación* de los hechos por el pensamiento, o la *adaptación* de los pensamientos a los hechos, si los hechos sólo han sido observados parcialmente, nos permite prever los elementos que los completan en la medida en que su complemento se encuentra determinado, por lo que ya conocemos. Los caracteres de los hechos están *unidos entre sí* y es en esto que consiste su determinación.

Estos caracteres de los hechos son el punto de partida del pensamiento. El pensamiento vulgar, como el pensamiento científico en sus comienzos, debe contentarse con una adaptación grosera de las ideas a los hechos, sin existir todavía entre estas ideas una perfecta concordancia. Para completar nuestra satisfacción intelectual, es necesario además *adaptar* nuestros pensamientos *unos a los otros*. Este último esfuerzo, que es la depuración *lógica* del pensar pero que excede bastante este objetivo, es, por excelencia, el carácter distintivo de la ciencia en oposición con el pensamiento vulgar. Este se aplica casi únicamente a la realización de fines prácticos, y esto le es suficiente.

El pensamiento científico se nos presenta bajo dos tipos de aspecto totalmente diferente: el pensamiento del *filósofo* y el pensamiento del *sabio* especializado. El filósofo busca orientarse en el conjunto de los hechos en una forma universal tan completa como sea posible; por eso mismo está obligado a tomar de la ciencia los elementos para su construcción. El sabio sólo considera y estudia, en primer lugar, un dominio de hechos más restringido. Pero, teniendo en vista el objetivo actual que a cada instante se propone, siempre es en forma arbitraria y brutal que el hombre separa unos hechos de otros y los límites del dominio ofrecido a cada especialista se en-

encuentran de más en más alejados debido al progreso de la investigación científica. Todo especialista finalmente se da cuenta de que los resultados obtenidos en las otras ramas por otros sabios, deben contribuir a orientarlo en su propia especialidad. Es la fusión de estas especialidades la que aportará *la concepción del mundo*, hacia la cual tienden todos los especialistas.

La imperfección de los resultados que los sabios pueden obtener, los conducen, al mismo tiempo, a efectuar préstamos más o menos confesados al pensamiento filosófico. El objetivo final de toda investigación es pues, el mismo. Los más grandes filósofos, Platón, Aristóteles, Descartes, Leibniz, han abierto nuevas sendas a la investigación científica, y sin llevar el nombre de filósofos, sabios como Galileo, Newton, Darwin y otros, han actuado potentemente sobre el pensamiento filosófico.

Sin duda que lo que el filósofo toma como *un punto de partida* posible sólo aparece al sabio como el objetivo muy alejado hacia el cual tienden sus esfuerzos. Pero esta divergencia de opinión no debe impedir, y en verdad no impide a nadie aprovechar el trabajo de otro. Frecuentemente la filosofía ha buscado ensamblar los rasgos más generales de la distintas ciencias y en este sentido, ha adquirido una rica experiencia. Por lo menos en parte, ha reconocido poco a poco y aprendido a evitar los errores que ha cometido y comete todavía *hoy*, casi con toda seguridad, el sabio que no ha recibido una educación filosófica. Ha dado también a las ciencias de la naturaleza, ideas positivas de muy alto valor, las diferentes nociones de conservación, por ejemplo.

En recompensa, las ciencias proporcionan a la filosofía, bases más sólidas que el pensamiento vulgar. Las distintas ciencias son para el filósofo, ejemplos de construcciones previsoras, sólidas y fecundas en resultados; por otra parte, la demasiada especialización del sabio brinda al filósofo útiles enseñanzas.

En el hecho, todo filósofo tiene su ciencia propia y todo sabio su filosofía. Pero este elemento personal del saber de cada uno, generalmente está un poco atrasado. Es muy raro que un sabio pueda encontrar completa la ciencia del filósofo cuando éste tiene oportunidad de expresarla. Actualmente, la mayor parte de los sabios tienen como filosofía un materialismo viejo en ciento cincuenta años y, desde hace tiempo, ese sistema parece inadmisibile a los filósofos y hasta a los hombres que no han quedado demasiado fuera del pensamiento filosófico. Los filósofos que se ocupan de ciencia son raros actualmente y es excepcional que un sabio acuerde a las cuestiones filosóficas el esfuerzo de su pensamiento. Sin embargo, esto sería absolutamente necesario para la inteligencia de las cosas, pues la lectura sola no puede aprovechar ni al filósofo ni al sabio.

Los viejos caminos que los filósofos y los sabios han trillado durante millares de años, son en algunos puntos bien abiertos, pero en muchos lugares los vemos cerrados por prejuicios instintivos muy naturales, filosóficos o científicos, que han quedado como desechos de investigaciones anteriores y trabajos estériles; convendría quitar esos escombros de tiempo en tiempo.

Todos los individuos, al despertar su plena conciencia, encuentran totalmente hecha en sí mismos una *vista* del mundo a la cual no han contribuido voluntariamente. Cada uno la recibe como un don de la naturaleza y de la civilización. Todo pensador debe forzosamente tomar esta imagen como punto de partida, desarrollarla y corregirla, poniendo en su beneficio las experiencias de sus antepasados, evitando incurrir en sus errores: en resumen, debe orientarse él mismo y avanzar prudentemente.

¿En qué consiste esta vista del mundo? *Me* encuentro en el espacio rodeado de diferentes cuerpos que son móviles. Algunos de tales cuerpos son inanimados. Otros

son plantas —animales u hombres. *Mi cuerpo*, móvil también en el espacio, es para mí un objeto visible, tangible, sensible, que ocupa una parte del espacio y se encuentra, como los otros cuerpos, *al lado y fuera* de ellos. *Mi cuerpo* se distingue de los cuerpos de los otros hombres por caracteres individuales y su contacto da nacimiento a impresiones especiales que no experimento cuando otros cuerpos se tocan. Además, no es, como los cuerpos de los otros hombres, completamente visible para mi ojo; se me aparece bajo una perspectiva muy particular y no puedo ver los otros cuerpos desde el mismo punto de vista. Sucede lo mismo con el sentido del tacto y los otros sentidos. Por ejemplo, escucho mi voz muy diferentemente a la voz de los otros hombres¹.

Tengo recuerdos, esperanzas, temores, instintos, deseos, voliciones, etc., que encuentro en mí sin hacerlos como no doy la existencia a los cuerpos que me rodean. Pero a estas voluntades se relacionan los movimientos de *un cierto* cuerpo que, por este hecho, como por lo que dije anteriormente, se caracteriza como *mi* cuerpo. Por una *analogía* irresistible, pienso que en los cuerpos de los hombres y de los animales, se enlazan recuerdos, esperanzas, temores, voliciones, instintos y deseos análogos a aquellos que están unidos a mi cuerpo. Por la manera de actuar de los hombres, estoy todavía forzado a admitir que para *ellos*, *mi* cuerpo y los otros cuerpos están también inmediatamente presentes como para *mi* sus cuerpos y los otros cuerpos. Por el contrario, mis recuerdos, mis deseos, etc., no son para ellos sino la conclusión de un razonamiento por analogía, como lo son para *mi* sus recuerdos, sus deseos, etc.

Se puede llamar *físico* todo lo que en el espacio está dado inmediatamente a *todos*; por otra parte, llamare-

¹ Con buenos fonógrafos reconocemos el timbre de la voz de los amigos, pero nuestra propia voz adquiere un timbre extraño, debido a que falta la resonancia de la cabeza.

mos provisoriamente lo *psíquico* a lo que no es dado inmediatamente sino a *uno solo* y que, para los otros, sólo es conocido por analogía. El *yo* (en sentido restringido) de un individuo designará el conjunto de lo que sólo le es dado inmediatamente de él.

Alrededor mío, en el espacio, las cosas que puedo observar *dependen unas de las otras*. Una aguja magnética se desplaza desde el instante que aproximo suficientemente otro imán. Un cuerpo se calienta cerca del fuego y se enfría en contacto con un trozo de hielo. La llama de una lámpara hace visible a una hoja de papel colocada en la oscuridad. La conducta de otros hombres me obliga a admitir que sus percepciones se asemejan a las mías. Tenemos el mayor interés en saber como los fenómenos *dependen unos de los otros*, tanto con el fin práctico de satisfacer nuestras necesidades como, desde el punto de vista teórico, de prever por el pensamiento la continuación de una observación incompleta.

Estudiando la dependencia relativa de los cuerpos entre sí, puedo considerar a los cuerpos de los hombres y de los animales como cuerpos sin vida, mientras haga abstracción de lo que deduzco de la analogía. Por el contrario, noto que *mi* cuerpo ejerce siempre sobre mis percepciones una influencia esencial. Un cuerpo puede arrojar una sombra sobre una hoja de papel blanco, pero yo puedo ver sobre el papel una mancha semejante a esa sombra si, inmediatamente antes, he fijado la mirada en un cuerpo muy iluminado. Por una posición conveniente de mis ojos, puedo ver *doble un cuerpo único*; en lugar de *dos cuerpos* enteramente semejantes, puedo ver *tres*. Cuando giro rápidamente sobre mí mismo, los cuerpos en movimiento me parecen inmóviles, e inversamente, cuerpos inmóviles me parecen estar en movimiento. Si cierro los ojos, no veo nada. Mi cuerpo tiene una influencia análoga sobre mis percepciones táctiles o sobre mis percepciones de calor. Si mi vecino hace con

su cuerpo las mismas experiencias, ello no cambia nada de lo que yo he experimentado; sólo aprendo indirectamente cuando me dice que *sus* percepciones son modificadas en forma correspondiente, como me lo hacía prever la analogía.

Los elementos de lo que yo percibo en el espacio dependen, en general, unos de otros; pero son unidos de una manera más especial a lo que es *mi* cuerpo, y esto es verdadero, *mutatis mutandis*, para las percepciones de cada uno. Si atribuimos a esta relación especial de todas nuestras percepciones y de *nuestro* cuerpo un valor exagerado, si despreciamos por ellas todas las otras relaciones, llegaremos fácilmente a considerar *todas* nuestras percepciones como un puro producto de nuestro cuerpo, a considerar todo como subjetivo.

Pero nosotros tenemos siempre delante de los ojos el límite de nuestro cuerpo en el espacio y vemos que las cosas que encontramos fuera de este límite espacial U^2 están vinculadas entre sí, pero dependen también de lo que se encuentra en el interior de este límite. El estudio de las relaciones entre las cosas exteriores a U es, además, bastante más simple y más avanzadas que la de las relaciones que están a caballo sobre este límite. En consecuencia, podemos suponer que estas últimas relaciones son del mismo orden, de la misma especie que las primeras; lo vemos con seguridad que crece día a día, a medida que progresa el estudio de los cuerpos del hombre y de los animales. La fisiología que a medida que se progresa se apoya de más en más en la física, puede explicar las condiciones subjetivas de una percepción.

No puede actualmente admitirse más este *subjetivismo* ingenuo que, para oponerlo a una pretendida *realidad* constante, consideraba como *apariencias* las percepciones distintas de una misma persona en circunstancias dife-

² U es la inicial de la palabra alemana *Umgrenzung*, límite.

rentes, y las de diferentes personas en diferentes casos. Nosotros no nos adherimos más que al conocimiento *completo* de las condiciones de una percepción; el resto no tiene para nosotros ningún interés, ni práctico, ni teórico.

Puedo relacionar el conjunto de mis percepciones *físicas* a los elementos que actualmente no son más descomponibles: colores, sonidos, presiones, olores, espacios, tiempos, etc. Estos elementos dependen de circunstancias exteriores a mi cuerpo y de circunstancias interiores a mi cuerpo: son las *sensaciones*. Las sensaciones de mi vecino no me son conocidas inmediatamente, mis sensaciones no son conocidas inmediatamente por mi vecino, y estoy autorizado a considerar estos elementos en los cuales he descompuesto lo físico, como siendo también los elementos de lo psíquico. Lo *físico* y lo *psíquico* contienen pues elementos *comunes* y no están como se cree generalmente, uno frente a otro en oposición absoluta. Esto vendrá a ser más claro todavía si mostramos que recuerdos, representaciones, sentimientos, voluntades y conceptos están formados por trazas dejadas por las sensaciones y que entonces pueden ser comparados a éstas.

No existe el sabio aislado; todos tienen objetivos prácticos, todos aprenden alguna cosa de los otros, todos trabajan en la orientación de los otros.

Nuestras percepciones físicas nos exponen a numerosos errores o *ilusiones*. Un bastón sumergido oblicuamente en el agua se lo ve quebrado y un observador que no estuviese al corriente, podría creer que al tocar ese bastón parecería quebrado. Un espejo cóncavo proporciona una imagen que nos parece asible. Un objeto vivamente iluminado nos parece blanco y quedamos admirados de observarlo negro con una iluminación menos intensa. La silueta del tronco de un árbol nos recuerda en la obscuridad, la forma de un hombre y creemos tener ese hombre frente nuestro. Todas las ilusiones de este género son

Sensaciones

Comunes
CONTRA



debidamente a que ignoramos las circunstancias en las que una percepción se produce, o no les prestamos atención, o que las suponemos *otras* de las que realmente son. Nuestra imaginación completa lo que nos proporciona la experiencia de la manera que nos es *más habitual*, y por eso mismo a veces falsea nuestras percepciones. Así, lo que conduce a oponer la apariencia a la realidad, el *fenómeno* y la *cosa*, es la confusión de las percepciones producidas por las circunstancias más diferentes con las percepciones producidas por circunstancias *perfectamente determinadas*. La insuficiencia del pensamiento vulgar ha engendrado el antagonismo entre el fenómeno y la cosa; esta concepción se ha introducido en filosofía y la filosofía ha debido desembarazarse de ella. La monstruosa e inconoscible *cosa en sí*, oculta detrás de los fenómenos, es la hermana gemela de la cosa vulgar. Se ha desconocido el límite U, se ha clasificado como *apariciencia* al *contenido total* del yo; pero ¿entonces en qué puede interesarnos cualquier cosa inconoscible, situada fuera de los límites del yo, que nunca podamos franquear?

Consideremos los elementos rojo, verde, caliente, frío, etcétera; cualquiera sea su nombre, son inmediatamente dados. Dependen de elementos exteriores a U (elementos *físicos*) y de elementos interiores a U (elementos *psíquicos*); pero en los dos casos, siempre son *los mismos*, siempre son dados inmediatamente. Así simplemente planteada las cosas, la cuestión de la apariencia y de la realidad no tiene ya sentido. Frente nuestro tenemos a la vez los elementos del mundo real y los elementos del yo. La única cosa que puede interesarnos, fuera de esto, es la *dependencia funcional* (en el sentido matemático) de estos elementos *entre sí*. Siempre puede llamarse a esta dependencia de los elementos, una *cosa*, pero esto no es una cosa inconoscible. Toda nueva observación, toda proposición científica, nos hace avanzar en el conocimiento de esta cosa.

AP-Neuro
5/22
5/27/14

Si consideramos sin prejuicio, el yo restringido, aparece también como una dependencia funcional de los elementos; únicamente por su *forma* esta dependencia difiere de aquellas que estamos habituados a encontrar en el dominio de lo físico. Las representaciones no se comportan como los elementos de lo físico, están ligados unos a otros por asociaciones, etc. No experimentamos la necesidad de tener detrás de este mecanismo alguna cosa desconocida e inconoscible que no nos ayudará en nada para comprender mejor. Detrás del yo, siempre hay alguna cosa casi *inexplorada*: es nuestro cuerpo. Pero toda nueva observación psicológica o fisiológica nos hace conocer mejor al yo. Ya debemos importantes enseñanzas a la psicología introspectiva, a la psicología experimental, a la anatomía del cerebro y a la psicopatología, que van al encuentro de la física (en el sentido más amplio) para completarse con ella en un conocimiento más penetrante del mundo. Podemos esperar que todos los problemas racionales, de más en más llegarán a ser susceptibles de recibir una respuesta.

Se busca la relación recíproca de las representaciones variables con la esperanza de asir los fenómenos psíquicos, los acontecimientos y los actos de su propia vida. Pero quien al fin de su estudio todavía tiene necesidad de un sujeto actuante y pensante, no nota que habría podido evitarse toda su dificultad pues ha retornado al punto de partida. La situación recuerda la historia del paisano que se hacía explicar las máquinas a vapor de una fábrica y termina por preguntar dónde estaban los caballos mediante los cuales dichas máquinas eran puestas en movimiento. No hace mucho tiempo que se ha empezado a familiarizarse con una psicología sin alma.

Impulsamos el análisis de lo que percibimos hasta los *elementos* que *provisoriamente* no podemos exceder. Esto sobre todo tiene la ventaja de poner en la forma más simple y más transparente los dos problemas de la cosa

insondeable y del yo igualmente impenetrable y por esto mismo, hacerlos reconocer como *pseudo-problemas*. Si excluimos aquello donde la investigación no tiene ningún sentido, veremos aparecer mediante las *ciencias particulares*, más nítidamente de lo que realmente podíamos esperar, *todas las relaciones y las distintas formas de relación de los elementos entre sí*.

Grupos de tales elementos, siempre pueden ser designados como cosas (como cuerpos); pero propiamente hablando, se ve bien que no existe cosa *aislada*. Únicamente, si consideramos los vínculos más sorprendentes y más fuertes, despreciando los otros, aceptamos para empezar con un estudio provisorio, la ficción de las cosas aisladas. Es también sobre una diferencia de los grados de las dependencias que descansa la oposición del mundo y del yo. No existe más el yo aislado como la cosa aislada. Cosa y yo son ficciones provisorias de la misma especie.

Nuestras consideraciones no aportan a la filosofía más que poca cosa o nada. No se proponen resolver *uno o siete o nueve enigmas del Universo*. Solamente conducen al sabio a apartar los pseudo-problemas que lo perturban y dejan el resto a la investigación positiva. Lo que ofrecemos inmediatamente no es sino una *regla negativa* para la investigación científica, regla que no debe preocupar al filósofo que ya conoce o cree conocer las bases *seguras* para una concepción del mundo. La exposición que hacemos, debe ser juzgada ante todo desde el punto de vista científico; pero sin embargo, el filósofo puede aplicar su crítica y modificar nuestras ideas según sus necesidades o rechazarla completamente. Para el sabio carece de importancia que sus representaciones concuerden o no con tal o cual sistema filosófico; lo esencial es que pueda tomarlas ventajosamente como punto de partida de sus investigaciones.

La manera de pensar y de trabajar del sabio es, en efecto, muy diferente de la del filósofo. No teniendo la

suerte de poseer axiomas incommovibles, el sabio se ha habituado a considerar como provisorias sus ideas y sus principios más seguros y mejor fundados, y siempre está dispuesto a modificarlo como consecuencia de nuevas experiencias. En verdad, sólo esta actitud puede hacer posibles los progresos serios y los grandes descubrimientos.

Nuestras reflexiones, sólo pueden indicar al investigador un *ideal*, cuya realización aproximada y progresiva queda reservada al porvenir. El descubrimiento de las relaciones directas de los elementos entre sí es una tarea tan compleja que no puede ser cumplida en una vez: debe avanzar paso a paso. Al comienzo, era bastante más fácil investigar poco menos que en globo la dependencia recíproca de *complejos* íntegros de elementos (de cuerpos). En ese trabajo, el azar, las necesidades prácticas, los conocimientos ya adquiridos, jugaron un gran papel: revelaron algunos elementos más importantes dirigiendo la atención hacia ellos, mientras que al contrario, otros elementos permanecieron en la sombra. Considerado aisladamente, cada sabio siempre está en pleno desarrollo; debe relacionar los conocimientos que ha adquirido con los conocimientos menos extensos de sus precursores; pero no puede completarlos y corregirlos sino según su ideal. Con reconocimiento aplica a sus propias investigaciones las ayudas e indicaciones que contienen los trabajos anteriores. A menudo, también añade sin notarlo, los errores de sus predecesores y de sus contemporáneos a los suyos propios.

Retornando, si fuese posible, al punto de vista absolutamente ingenuo, liberándose totalmente de las ideas de los contemporáneos, se experimentaría a la vez, la ventaja y el inconveniente que existe en suprimir las hipótesis: se estaría embarazado por la complicación de la tarea y no podría *comenzarse* un estudio. Actualmente, podemos imaginar volver al punto de vista *primitivo* para dar a la investigación una nueva orientación sobre me-

Conocimiento
positivo

COMPLEJIDAD

Actualización

jores sendas; pero se trata de una ingenuidad *artificial* que no suprime las ventajas adquiridas en el transcurso de una larga civilización y que, al contrario, aplica vistas que suponen pensamientos muy maduros en física, fisiología y psicología.

Es así solamente que puede imaginarse la reducción a los elementos. Se trata de un retorno a los *puntos de partida* de la investigación con juicios más profundos y más ricos. Es necesario haber alcanzado un cierto desarrollo psíquico antes de poder iniciar el estudio científico. Pero ninguna ciencia puede emplear los conceptos vulgares confusos. La ciencia debe remontarse a sus fuentes, a sus orígenes, para en seguida formarlos de la manera mejor determinada y más correcta. ¿Esto no debería ser reservado a la psicología y a la teoría del conocimiento?

NOTA 20

Para estudiar una multiplicidad de elementos dependientes unos de los otros en una forma complicada, no tenemos a nuestra disposición más que *un solo método*: el *método de las variaciones*. Consiste en estudiar para cada elemento la variación que se encuentra ligada a la variación de cada uno de los otros elementos. Importa muy poco que estas variaciones se produzcan por sí mismas o que las introduzcamos voluntariamente; las relaciones serán descubiertas por la *observación* y por la *experimentación*. Aun en los casos donde los elementos no dependan unos de otros más que dos a dos, el estudio sistemático de sus relaciones ya será una tarea muy ardua. Consideraciones matemáticas demuestran que para las combinaciones de objetos de tres a tres, cuatro a cuatro, etc., la investigación metódica de las relaciones vendría rápidamente a ser tan difícil que resultaría prácticamente imposible.

Despreciando provisoriamente las relaciones menos notables, ocupándose primero de las relaciones más sorprendentes, se hará más fácil el trabajo. Estas dos ma-

neras de aliviar la tarea han sido encontradas *instintivamente*, bajo la influencia inmediata de las necesidades prácticas del hombre y de su organización psíquica. Sólo más tarde los sabios las han empleado conscientemente, con habilidad y *método*. Sin estas simplificaciones, que siempre pueden considerarse como imperfecciones, ciertamente la ciencia no habría podido crecer y constituirse. Es un hilo muy embrollado a devanar y para esta labor, un feliz azar tiene casi tanta importancia como la habilidad y la agudeza de observación. El trabajo del investigador es tan apasionante como puede serlo para el cazador la prosecución de una caza poco conocida y en circunstancias difíciles.

Para estudiar la dependencia de algunos elementos, conviene mantener tan constantes como sea posible, a otros elementos cuya influencia no es dudosa, pero que para la investigación constituirían una causa de perturbación. Así, el trabajo se encuentra facilitado grandemente. El conocimiento de la doble dependencia de cada elemento respecto a elementos exteriores e interiores al límite U del Yo restringido, conduce a estudiar inmediatamente las relaciones recíprocas de los elementos exteriores a U y dejar tan constantes como sea posible a aquellos que son interiores a U, es decir, que el sujeto o los *diferentes* sujetos, tomando parte en la observación, en circunstancias tan constantes para ellos como es posible, estudian la relación entre la iluminación de un cuerpo, su temperatura, sus movimiento, etc.; así, en la medida de lo posible, liberamos de la influencia de nuestro propio cuerpo al conocimiento de lo *físico*.

Para completar este trabajo, es necesario investigar las relaciones *fisiológicas* y *psicológicas* que franquean el límite U y le son interiores: esto es facilitado por los estudios de física ya realizados.

Esta división del trabajo se ha originado *instintivamente* y sólo se trata de fijarla *metódicamente*, tomando

consciencia de sus ventajas. La ciencia ofrece numerosos ejemplos de división del trabajo para investigaciones hechas en campos más restringidos.

Después de estas notas preliminares, vamos a examinar de más cerca los motivos de la investigación científica. De ninguna manera tenemos la pretensión de que sea completa. Nos guardaremos, sobre todo, de la filosofía y de la sistematización prematura. Recorreremos como caminantes atentos el dominio de la ciencia y observaremos la conducta de los sabios, en sus caracteres particulares. Investigaremos por qué medios ha progresado realmente el conocimiento de la naturaleza hasta ahora y cómo tiene la perspectiva de progresar en adelante. La actividad práctica y el pensamiento popular instintivamente han preparado la manera de actuar del sabio. Esto no hace más que transportarlo en el dominio científico donde ha terminado por fructificar en una metodología consciente. No tenemos ninguna necesidad, para quedar satisfechos, de salir de aquello que nos es dado empíricamente. Nos será suficiente referir los caracteres de la conducta del sabio con los caracteres que podemos observar *en el hecho* y encontrar en la vida común, y probar que esta conducta presenta ventajas realmente *prácticas*. Un estudio general de nuestra vida física y psíquica será la base natural de nuestra tarea.

CAPÍTULO II

ESTUDIO PSICOFISIOLÓGICO

La adaptación progresiva de los pensamientos a los hechos acrece nuestra experiencia. La adaptación de los pensamientos entre sí constituye el sistema de pensamiento claro, ordenado, simplificado y sin contradicciones que consideramos como el *ideal de la ciencia*. Mis pensamientos sólo son inmediatamente accesibles a *mi* mismo, como los de mi vecino no son directamente conocidos más que por él. Los pensamientos pertenecen al dominio psíquico. Es sólo cuando entran en relación con lo físico por el juego de la fisonomía, los gestos, las palabras, las acciones, que por analogía, puedo aventurar una inducción más o menos cierta sobre los pensamientos de mi vecino, tomando como base mi experiencia *física y psíquica*. Por otra parte, esta misma experiencia me enseña también a reconocer que mis pensamientos, lo que en mí hay de psíquico, depende de lo que me rodea físicamente, especialmente de mi *cuerpo* y de la conducta de mis vecinos.

Descompongamos un hecho psíquico en sus partes constituyentes. Ante todo encontraremos lo que llamamos "sensación", cuando la consideramos como dependiente de nuestro cuerpo (apertura de los ojos, dirección de la mirada, etc.) y que, depende de *otras condiciones físicas* (presencia del sol y de cuerpos asibles, etc.) es llamada carácter "de las propiedades" de los cuerpos; quiero decir, el verde de un prado, la resistencia del suelo sobre el cual camino, etc.

ideal
de la ciencia

inducción

Sensaciones tales como el calor, el frío, la luz, la oscuridad, los colores vivos, el olor del amoníaco, el perfume de las rosas, etc., no nos dejan indiferentes en general; nos son agradables o desagradables, es decir que nuestro *cuerpo* reacciona frente a estas sensaciones, con movimientos más o menos intensos de aproximación o alejamiento, y estos movimientos, a su turno, para la introspección no son más que combinaciones de sensaciones. Al comienzo de la vida psíquica, sólo conservamos un recuerdo neto y fuerte de las sensaciones a las cuales permanece adherida una reacción fuerte. Luego, en una forma indirecta, otras sensaciones pueden permanecer en la "memoria": indiferente en sí, la sola presencia del frasco que contiene el amoníaco nos recuerda su olor y por ello cesa de ser indiferente. El conjunto de las sensaciones anteriormente experimentadas y conservadas por el *recuerdo*, actúa ahora a cada nueva sensación. El Hotel de Ville frente al cual paso, no sería para mí más que un ordenamiento de manchas coloreadas en el espacio, si yo no hubiera visto ya muchos edificios cuyos pasillos he recorrido y subido las escaleras. Los recuerdos de sensaciones múltiples forman, con la sensación óptica, un conjunto bastante más ricamente documentado, la *percepción*, de la cual sólo con dificultad separamos la pura sensación actual. Si varias personas tienen las *mismas* cosas bajo sus ojos, la "atención" de cada una de ellas es atraída en un sentido diferente: sus ideas actuales son dirigidas en una forma particular por intensos recuerdos individuales. Un ingeniero de edad pasea por una calle de Viena con un hijo de dieciocho años y un niño de cinco. Sus retinas han recibido las mismas imágenes. El ingeniero casi sólo ha visto los tranvías, el joven ha mirado especialmente a las señoritas y el niño quizá sólo ha prestado atención a los juguetes en los escaparates de los negocios.

Estados *orgánicos* particulares, innatos o adquiridos,

intervienen aquí. Las trazas dejadas en la memoria por sensaciones anteriores *determinan* esencialmente el destino psíquico de los conjuntos de sensaciones que se producen de nuevo; se *mezclan* insensiblemente, se adhieren a la sensación y se fijan *desarrollándose*; las llamamos *representaciones*. Estas representaciones no se distinguen de las sensaciones más que por su menor fuerza, por su fugacidad y variabilidad mayor y por la manera en que se enlazan unas con otras (asociación). No constituyen *más*, otra especie diferente de elementos frente a las sensaciones, sino que parecen ser de la misma naturaleza que ellas.

A primera vista, los *sentimientos*, los *afectos*, las *disposiciones*: amor, odio, cólera, duda, abatimiento, tristeza, alegría, etc., parecen ofrecer nuevos elementos. Pero si profundizamos el estudio de esos estados, encontramos sentimientos menos analizados, ligados, en el interior de U a elementos del espacio menos bien definidos, difusos y mal localizados; caracterizan cierta tendencia que tiene nuestro cuerpo a reaccionar en una *dirección* determinada, tendencia que nos es conocida experimentalmente y que cuando su intensidad es suficiente, se manifiesta por movimientos de ataque o de fuga. Nuestra reacción se dirige hacia un objeto conocido anteriormente con un movimiento de ataque o de defensa consciente y determinada por un conjunto de sensaciones; decimos que hemos hecho un *acto voluntario*. Si hablo de ir a dictar mi *curso*, si se me anuncia la visita de un *sabio extranjero*, si un hombre es calificado de *justo*, verdaderamente yo no puedo considerar las palabras en bastardilla como un conjunto *determinado* de sensaciones o representaciones; pero estas palabras por un uso múltiple y variado, han adquirido la propiedad de describir y de *limitar* los conjuntos correspondientes, de tal manera que, en todo caso, mi conducta, mi *modo de reaccionar* frente a estos conjuntos es determinada por eso mismo.

Las palabras que absolutamente no pudiesen designar ningún conjunto de hechos sensibles serían completamente incomprensibles y no tendrían ningún sentido. Así, cuando empleo las palabras, rojo, verde, rosa, la representación correspondiente tiene ya un papel considerable. En los conceptos citados anteriormente, este papel es más extenso; lo es más todavía en los *conceptos científicos*. Al mismo tiempo, en estos conceptos, la limitación que determina nuestra forma de reacción frente a los conjuntos correspondientes, gana en *precisión*. El pensamiento vulgar nos hace pasar en forma completamente *continua*, las representaciones sensibles más determinadas al pensamiento científico más abstracto. Este mismo desarrollo que hace posible el uso de la palabra, es primero puramente instintivo y no encuentra su consecuencia plena sino en el momento de la aplicación metódica y consciente de la definición del concepto científico y de la terminología que sirve para designarlo. La continuidad entre la representación individual y el concepto, y la presencia de sensaciones en la base de toda vida psíquica, no es dudosa para nadie a pesar de la gran distancia que aparentemente separa al concepto de la representación sensible concreta.

No existen pues, sentimientos, voluntades y pensamientos *aislados*. La sensación, que es a la vez física y psíquica, forma la base de toda vida psíquica; y constantemente, las sensaciones son más o menos *activas* para revelar las reacciones más variadas de los cuerpos, *inmediatamente* en los animales inferiores, por intermedio del cerebro en los animales superiores.

La pura introspección olvida absolutamente a los cuerpos y por ahí, el conjunto de lo físico de quien constituye una parte inseparable: ella no puede servir de base a una psicología suficiente. Consideremos pues, la vida orgánica y, en particular, la vida animal como un todo y estudiémosla tanto desde el punto de vista

físico como del punto de vista psíquico. Eligiéremos ejemplos donde esta vida se manifieste bajo formas particularmente simples.

La mariposa a quien sus alas resplandecientes llevan de flor en flor, la abeja que conduce a su colmena la miel que ha reunido con celo, nos ofrecen imágenes familiares de acciones reflexivas y prudentes. Sentimos que esos pequeños seres se nos asemejan. Pero también podemos ver a la mariposa girar siempre alrededor de la llama, podemos observar cómo la abeja se precipita zumbando constantemente contra el vidrio de una ventana semiabierta y podemos ponerla en un apuro desesperado con solo desplazar ligeramente la entrada de su colmena.

Estos dos rasgos *opuestos* de la vida animal, los encontramos *los dos* manifiestamente expresados en nuestra *propia* naturaleza. Las pupilas de los ojos se contraen maquinalmente frente a una luz muy viva e igualmente se dilatan regularmente según el grado de oscuridad, sin que nosotros lo sepamos ni queramos, absolutamente igual que como se cumplen la digestión, nutrición y crecimiento, sin que participemos en ello de una manera consciente. Al contrario, si *nosotros recordamos* que el metro, del cual tenemos necesidad en ese momento, se encuentra en el cajón de la mesa, nuestro brazo que se extiende y abre ese cajón, parece obedecer, sin impulsos *exteriores*, sólo a nuestro *mandato* bien deliberado. Sin embargo, la mano que por azar se quemó, el pie en cuya planta se hacen cosquillas, se retiran aun durante el sueño, sin reflexión ni premeditación, y hasta en un individuo paralizado. En el movimiento de los párpados, que se cierran involuntariamente ante la repentina aparición de un objeto y que también pueden cerrarse y abrirse voluntariamente, como en un considerable número de otros movimientos, los de la respiración y de la

Introspección
contra

marcha por ejemplo, *estos dos rasgos* característicos se permutan y se mezclan incesantemente.

La observación exacta hecha sobre nosotros mismos de los procesos que llamamos deliberación, decisión, *voluntad*, nos hace conocer un simple *estado de hechos*. Un acontecimiento sensible nos trae a la memoria múltiples recuerdos por ejemplo, el encuentro de un amigo que nos invita a visitarlo, a acompañarlo a su casa. Estos recuerdos se despiertan uno tras otro, se cambian, y se desplazan mutuamente. Recordamos la conversación espiritual del amigo, vemos su piano en su sala y oímos su excelente sonido. Pero he aquí que viene a nuestro espíritu que hoy es martes y que esos días un señor chismoso tiene la costumbre de visitar a nuestro amigo; agradecemos y declinamos la invitación.

No importa cómo puede precipitarse nuestra decisión, en los casos más simples como en los más complicados, los *recuerdos* eficaces influyen nuestros movimientos en una forma determinada y provocan movimientos de aproximación o de alejamiento, exactamente como los acontecimientos sensibles de los cuales son los trazos. Nosotros no somos dueños de *elegir los recuerdos* que aparecen en la superficie y que se llevarán la victoria¹.

En nuestros *actos voluntarios* no somos menos autómatas que los organismos más simples. Sin embargo, existe en estos autómatas una parte del mecanismo que, por la misma vida, experimenta constantemente pequeños cambios: no es visible más que para *nosotros mismos*, permanece oculto para el observador extraño y hasta sus

¹ Cuando se lo desconoce, una reflexión tardía conduce a *arrepentirse*, lo que no tiene sentido e importancia más que si en el porvenir se repiten las mismas situaciones o situaciones semejantes. Y aquí la expiación no sirve para nada, únicamente el cambio de opinión es útil. La cuestión de libertad y de responsabilidad sólo pueden vincularse si el individuo tiene un desarrollo psíquico suficiente para que cuando tome sus decisiones tenga en vista las consecuencias de sus actos, para él y para los otros.

rodajes más finos pueden escapar a nuestra observación personal más atenta. Así, es una porción bastante menos transparente y menos clara de la vida del mundo, una *relación bastante más extendida* en el espacio y en el tiempo, la que se manifiesta en nuestras acciones voluntarias y es *por esto* que nos parecen más susceptibles de ser sometidas al cálculo. Los órganos de los animales inferiores reaccionan en una forma relativamente más regular y más simple a las excitaciones. Todas las circunstancias que entran en juego parecen casi reunidas en un solo punto del espacio y del tiempo, y aquí se tiene muy fácilmente la impresión de automatismo. Sin embargo, si se observa *con más cuidado*, se descubren también ahí diferencias *individuales*, unas *innatas*, otras *adquiridas*. Se constatan grandes diferencias en la memoria de los animales que no pertenecen al mismo género o a la misma especie. Las diferencias son menores entre individuos de la misma especie.

El hecho de que nosotros hombres somos llevados a considerarnos como alguna cosa tan completamente diferente de los animales, cuya organización es más simple, proviene únicamente de la complicación y de la variedad de las manifestaciones de nuestra vida psíquica en oposición a la de los animales. La mosca, cuyos movimientos parecen determinados y guiados inmediatamente por la luz, la sombra, el olor, etc., siempre se posa en el mismo lugar del rostro después que se la ha expulsado diez veces. No *puede* detenerse antes de caer y golpear contra el suelo. El pordiosero, en busca de la moneda que debe asegurar su vida cotidiana, molesta con insistencia al burgués despreocupado y desidioso en su tranquilidad, hasta que se lo expulsa con una injuria violenta: los dos no son más que autómatas un poco menos simples.

Lo que es bien determinado, regular, automático, es el rasgo fundamental de la conducta de los animales y de los hombres; pero en los dos casos, lo observamos

en grados tan diferentes de complicación y de evolución que podemos creer en dos órdenes de motivos absolutamente distintos. Para comprender nuestra propia naturaleza, importa mucho que prosigamos este carácter *determinista* tan lejos como podamos. La constatación de una *ausencia de regla*, en efecto, no es interesante, ni prácticamente, ni científicamente. El progreso y la luz sólo se manifiestan en el descubrimiento de una *ley*, para cosas que anteriormente se creían desprovistas de toda regla. La hipótesis de un alma, actuando libremente y sin ley, será siempre difícil de refutar puesto que la experiencia mostrará siempre algunos hechos no explicados. Pero el alma libre considerada como hipótesis *científica* y todos los estudios efectuados en ese sentido, a mi juicio son absurdos *metodológicos*.

Entre los hombres existe alguna cosa que especialmente nos parece como libre, arbitraria y pudiendo ser sometida al cálculo; es un ligero velo que flota como un soplo, como una niebla, y nos oculta el automatismo. Vemos a los hombres, por así decirlo, demasiado cerca. La imagen está sobrecargada de demasiado número de detalles embarazosos y que no se explican inmediatamente. Si pudiésemos observar a los hombres desde más lejos, a vuelo de pájaro, desde la luna, desaparecerían los detalles más finos con las influencias que mantienen a los recuerdos individuales y no veríamos sino hombres que, muy regularmente, crecen, se alimentan y se reproducen. Pero nosotros tenemos a nuestra disposición un método de observación que elimine e ignore *adrede* lo que es individual para no ser atraído más que por las circunstancias más esenciales, aquellas cuya dependencia mutua es más fuerte, es la *estadística*. En verdad, los actos libres de los hombres se presentan con una regularidad tan bien determinada en no importa que fenómeno vegetativo o mecánico en el cual ninguna persona ha pensado nunca tenga una influencia psíquica, la in-

fluencia de una voluntad. El número anual de matrimonios y de suicidios en un país, varía tan poco o aún menos, que el número de nacimientos y decesos naturales. Y sin embargo, para los primeros, interviene bastante la voluntad, y para los últimos, absolutamente no. Pero, si entre todos los elementos que intervienen en estos fenómenos tomados en su conjunto, hubiese *uno solo que no estuviese sometido a una regla*, entonces no existiría más una regla general visible en el conjunto de esos casos.

Siempre y en todas partes, se ha buscado figurarse a los seres vivientes como autómatas y máquinas y se ha esforzado por explicarlos de esa manera, por lo menos parcialmente. Citemos solamente la paloma voladora de Arquitas de Tarento y los patos de Vaucanson. Pero, la *inteligencia* no puede *nunca* ser reemplazada en esta forma simple y mecánica. Los seres vivos son autómatas sobre los cuales todo el *pasado* ejerce influencia; se *modifican* continuamente en el transcurso del tiempo, nacen otros seres a los cuales se asemejan y pueden, a su vez, engendrar otros semejantes.

Es una tendencia natural la de buscar de imitar, reproducir, aquello que se comprende. El éxito de la empresa proporciona la *medida* en que se ha comprendido. Si consideramos los beneficios que la fabricación moderna de las máquinas ha extraído de la construcción de autómatas, si consideramos las máquinas de calcular, los aparatos de control, los distribuidores automáticos, estamos en el derecho de esperar todavía progresos más considerables.

Desde nuestro punto de vista, no tenemos ninguna razón para ocuparnos más, de la oposición entre lo físico y lo psíquico. Únicamente puede interesarnos el conocimiento de la dependencia *mutua* de los *elementos*. Que esta dependencia sea *fija*, aun cuando resulte complicada

y difícil de descubrir, nuestra razón nos lo hace suponer *de antemano* al comienzo de nuestro estudio. Toda la experiencia anterior a nosotros, nos impulsa a hacer tal suposición; todos los nuevos resultados de la ciencia lo *corroboran*; por otra parte, esto resultará más nítido todavía por los estudios de detalles que seguirán.

CAPÍTULO III

MEMORIA, REPRODUCCIÓN Y ASOCIACIÓN

Un hecho sensible, formado por los elementos A, B, C, D, evoca el recuerdo de un hecho sensible anterior formado por los elementos A, K, L, M, es decir, que este último hecho es *reproducido*. Puesto que, en general, esto no entraña la reproducción de K, L, M, por B, C, D, naturalmente pensamos que esta reproducción es conducida por el elemento común A y derivado de él. A la reproducción de A se une y se asocia la de los elementos K, L, M, *simultáneamente* (contigüidad en el tiempo) ofrecidos anteriormente a nuestros sentidos, sea directamente con A, sea con otros elementos ya reproducidos. Esta única ley de la *asociación* siempre interviene.

La asociación tiene una gran importancia biológica. Sobre ella descansan todas las adaptaciones psíquicas del medio, todas las experiencias vulgares y aún todas las experiencias científicas. Si el medio en que viven los seres no se compusiera de partes que por lo menos permanecen casi constantes, o no se dejara descomponer en elementos que se repiten periódicamente, la experiencia sería imposible y la asociación inútil. Solamente porque un ruido, siempre el mismo, anuncia de antemano la aproximación del enemigo o la huida de la presa, es que la representación asociada puede servir para provocar los movimientos correspondientes de fuga o de ataque. Una estabilidad aproximada hace posible la experiencia e inversamente, si la experiencia es realmente

posible, podemos deducir la estabilidad del medio. El éxito justifica nuestra hipótesis de la estabilidad, introducida *metódicamente* para edificar la *ciencia*.

El niño recién nacido, como un animal de organización inferior, está reducido a sus movimientos reflejos. En forma innata, tiene el instinto de mamar, de gritar cuando tiene necesidad de ayuda, etc. Creciendo, por asociación adquiere las primeras y más simples experiencias, como los animales superiores. Aprende a evitar por doloroso el contacto de la llama y el choque con un cuerpo duro, aprende a vincular la idea de sabor con la manzana que ve, etc. Pero, bien pronto, por la riqueza y la fineza de su experiencia, deja muy lejos de sí a todos los animales.

Es muy instructivo observar la formación de las asociaciones en los animales jóvenes, como C. L. Morgan lo ha efectuado sistemáticamente con pequeños polluelos y patitos encerrados en una incubadora. Algunas horas después del nacimiento, ya los pollitos están dotados de movimientos reflejos convenientemente apropiados. Corren, picotean los objetos que se les ofrece y los alcanzan con seguridad. Hasta se ve a pequeñas perdices escapar todavía cubiertas parcialmente con la cáscara del huevo. Al principio, los pollitos picotean todo, los caracteres impresos en una hoja de papel, sus propias patas, sus propios excrementos. Pero en este último caso, muy pronto los pollitos rechazan el objeto de mal gusto, sacuden la cabeza y limpian su pico frotándolo contra el suelo. En la misma forma actúa cuando atrapan una abeja o una oruga de sabor desagradable. Pero bien pronto cesan de picotear los objetos que no les son útiles. Los pollitos no prestan atención a un vaso que contiene agua, pero desde que casualmente, corriendo, han puesto las patas, la beben.

Las formas de actuar de los pollos y los patos son innatas en los animales jóvenes; las ponen en práctica sin ninguna enseñanza. Están preparados para el meca-

nismo de los movimientos y sucede lo mismo para los gritos. Se distingue en los pollitos el grito de bienestar cuando friolentos se acurrucan en la mano que se les tiende, el grito de terror a la vista de un gran escarabajo negro, el grito de soledad, etc. Entre estos animales, el establecimiento de ciertas asociaciones es mecánicamente preparada e innata, quizás grandemente favorecida y facilitada por una disposición anatómica; sin embargo, *las asociaciones mismas no son innatas, sino que deben ser adquiridas por experiencia personal*.

Para que esto sea totalmente exacto, es necesario aplicar el término "asociación" sólo a las representaciones (conscientes). Si por ello entendemos, en un sentido más amplio, que un fenómeno orgánico provoca otro, que ya ha tenido lugar en el mismo tiempo, el límite entre lo que es innato (hereditario) y lo que es adquirido por el individuo, será muy difícil de trazar, y es muy necesario que esto suceda para que las adquisiciones de la especie puedan ser aumentadas o modificadas por el individuo.

Los pollitos educados en una incubadora no prestan atención al cloqueo de la gallina, ni temen al gato ni al buharro. Si es verdad que los pequeños gatitos, todavía ciegos, bufan realmente cuando son cogidos por una mano que acaba de acariciar a un perro, es necesario considerar esta manifestación como un reflejo del olfato. Por otra parte, las apariciones desacostumbradas espantan fácilmente a los animales jóvenes. Así, los pollitos que se han nutrido con pequeños gusanos, engullen también pequeños vellones de lana, pero permanecen inquietos ante uno grande. Entre muchos animales, el temor a lo que es desacostumbrado y sorprendente parece ser uno de los principales medios de defensa.

En los animales muy desarrollados puede percibirse en forma todavía más sorprendente, la formación de asociaciones y al mismo tiempo, constatar su solidez.

Una vez, vi a un joven perro de caza de mi padre, excavar furiosamente un hormiguero, pero bien pronto se frotó en forma desesperada el hocico con sus patas. A partir de ese día, respetó cuidadosamente el domicilio de las hormigas. Otra vez, como su oficiosidad exagerada, inoportuna y persistente, turbaba mi trabajo, cerré un libro haciendo gran ruido frente a su nariz. Se retiró espantado y desde entonces, me era suficiente tomar un libro para hacer cesar cualquier inoportunidad. A juzgar por el juego de sus músculos durante el sueño, este perro debía tener una imaginación muy viva mientras dormía. Una vez que dormía tranquilamente, puse bajo su nariz un pequeño trozo de carne: al cabo de un instante comenzo un movimiento muy activo de las aletas de la nariz. Medio minuto más tarde, el perro se despertó, engulló el bocado y se volvió a dormir tranquilamente.

Así pude convencerme de la persistencia de las asociaciones en el perro. Entrando sin ser esperado en mi casa paterna, en la oscuridad de la noche y después de nueve días de ausencia, fuí recibido por el perro con un furioso ladrido, pero me fué suficiente un solo llamado para obtener en seguida la acogida más amistosa. Después de esto, no considero una exageración poética la historia del perro de Ulises.

No se podría exagerar la importancia que tiene para el desarrollo psíquico la comparación de un hecho sensible A, B, C, D, con otro hecho sensible A, K, L, M, reproducido mentalmente. Estas distintas letras ante todo pueden indicar complejos íntegros de elementos. Por ejemplo, A será un cuerpo que hemos encontrado con B, C, D, y que encontramos después con K, L, M, un cuerpo que se desplaza sobre un cierto fondo y que por eso mismo es reconocido como una combinación particular relativamente *independiente*. Demos ahora a las distintas letras la significación de elementos diferentes (sensaciones). Aprendemos entonces a conocerlas como

las partes autónomas constitutivas de nuestras impresiones. El anaranjado A no se encuentra solamente en una naranja, se lo halla también en un pedazo de tela, una flor o un mineral, es decir, en conjuntos *diferentes*. Además, exactamente como el *análisis*, la *combinación*, también descansa en la asociación: por ejemplo, A será el aspecto visual de una naranja o de una rosa y K significará, en el conjunto *reproducido*, el sabor de la naranja o el perfume de la rosa. Instantáneamente asociamos a la imagen visual *nueva*, las propiedades *anteriormente* experimentadas.

Las representaciones que tenemos de las cosas que nos rodean no corresponde, pues, exactamente a las impresiones actuales; en general, son bastante más ricas. Hay haces de representaciones asociadas provenientes de hechos anteriores, mezclándose con las sensaciones actuales y determinando nuestra conducta mucho más ampliamente de lo que estas últimas solas podrían hacerlo. No vemos únicamente una naranja redonda, sino que creemos percibir un cuerpo blando, perfumado, refrescante y de sabor ácido. Es por ello que podemos, cuando llegue el caso, confundirnos con una bola de madera amarilla.

Con la duración de nuestra vida, aumentan la multiplicidad y la riqueza de nuestra experiencia sensible, así como el número y la variedad de los vínculos asociativos. Y por ahí se produce a la vez, una descomposición progresiva de esta experiencia en sus elementos constitutivos y una formación progresiva de nuevas síntesis a partir de esos elementos. Cuando la vida intelectual se ha formado, podemos además retener como hechos sensibles, los *conjuntos de representaciones* asociadas entre sí y reproduciéndose mutuamente. En los mismos complejos de representaciones, intervienen nuevos análisis y nuevas síntesis, como lo enseñan todas las novelas y todos los trabajos científicos y como todo pensador puede observar por sí mismo.



Aun cuando no pueda encontrarse sino *un único* principio de reproducción y de asociación, el principio de *simultaneidad*, el curso de las ideas toma en diversos casos, sin embargo, un carácter muy diferente. Durante la vida, la mayor parte de las representaciones están asociadas a muchas otras, y estas asociaciones, orientadas en distintas direcciones, interfieren y se debilitan recíprocamente. ¿Puede decirse dónde y cuándo se ha empleado, visto emplear o aprendido a conocer una letra determinada, una palabra, un concepto, una manera de calcular? Cuanto más a menudo se los haya empleado y más familiarizado se esté con ellos, tanto menos se está en condición de responder. La palabra Schmidt es, hasta con esta ortografía definida, unida de tantas maneras con las especialidades y profesiones más variadas, que no puede evocar ninguna asociación. Según la dirección actual de mis pensamientos, según la naturaleza actual de mi trabajo, puede recordarme un filósofo, un zoólogo, un historiador, un arqueólogo, un constructor de máquinas, etc. Esto mismo se puede observar también con nombres más raros. Frecuentemente he pasado frente a un afiche de extracto de carne Maggi y sin embargo, ni *una sola vez* pensé en el autor del mismo nombre de un libro de mecánica para mí interesante: entonces pensaba en la física. Asimismo, el color azul de una tela podrá no sugerir nada a un adulto, mientras que quizás recuerde a un niño el aciano que cogió ayer. El nombre de *París*, puede traer a la mente las colecciones del Louvre, los físicos y los matemáticos célebres de esa ciudad o también sus excelentes restaurantes, según mis disposiciones actuales.

Consideremos ahora algunos tipos del curso de las ideas. Si, sin plan ni objetivo, absolutamente al abrigo de trastornos exteriores, por ejemplo, en una noche de insomnio, dejo correr mis pensamientos, llego a embrollarlos totalmente. Situaciones trágicas y cómicas, recuer-

dos o invenciones, alternan con ideas científicas y planes de trabajo y sería muy difícil determinar las pequeñas contingencias que han determinado esta "*libre imaginación*". Las ideas no se suceden casi de otra manera cuando dos o varias personas conversan, sin violencia, salvo que los pensamientos de varios individuos se influyan recíprocamente. Los saltos sorprendentes y los retrocesos de la conversación a menudo conducen con sorpresa a la pregunta: ¿pero cómo hemos llegado a *esto*? La fijación de los pensamientos por las palabras expresadas en alta voz y la presencia de varios observadores facilitan en este caso la respuesta, que sólo falta raramente.

Soñando, las ideas toman los caminos más sorprendentes. Pero el hilo de la asociación es en este caso muy particularmente difícil de seguir, en parte porque los recuerdos que deja el sueño son incompletos, en parte también, porque las ligeras sensaciones del durmiente a menudo son una causa de turbación.

Situaciones vividas, formas vistas, melodías escuchadas, durante el sueño, ofrecen a menudo bases muy importantes para la creación artística; pero el sabio no puede relacionar sus pensamientos con los sueños sino en casos extremadamente raros.

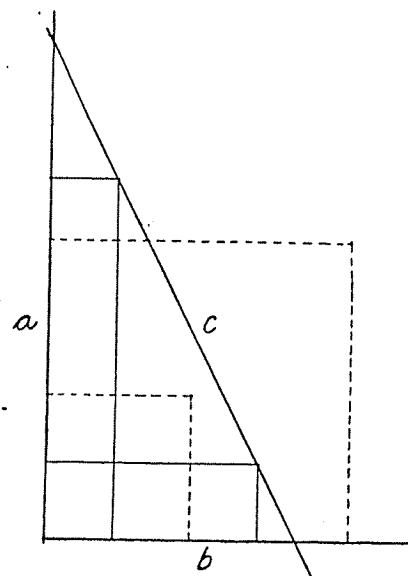
La solución de un logogrifo o de un enigma, de un problema de construcción geométrica o técnica, de una cuestión científica o también la ejecución de un proyecto artístico, exigen un movimiento de ideas hecho con un fin determinado. Aquí, se *busca* alguna cosa *nueva*, alguna cosa que, por el momento, todavía es sólo parcialmente conocida. Este movimiento de ideas, que nunca pierde de vista el objetivo más o menos definido, es lo que llamamos *reflexión*. Si frente mío hay una persona que me propone un enigma o un problema, o si estoy sentado ante mi escritorio, en el cual veo trazas de mis trabajos en curso, por eso mismo se me presentan un conjunto de sensaciones que vinculan siempre mis pen-

samientos hacia ese objetivo, impidiéndoles vagabundear al azar. En sí misma, esta limitación exterior de los pensamientos no debe despreciarse. Si, ocupado en un trabajo científico, termino por ceder a la fatiga y quedo adormecido, esa guía exterior que me impulsa hacia el objetivo, me falta inmediatamente; mis ideas se dispersan y abandonan la ruta conveniente. Es por esto que tan raramente se encuentra en sueños la solución de los problemas científicos. Pero si el interés involuntario que se une a la solución de una cuestión, es suficientemente intenso, estas guías exteriores son absolutamente inútiles. Todos los pensamientos, todas las observaciones, se unen naturalmente al fin perseguido, a veces hasta durante el sueño.

Cuando se reflexiona, la idea que se busca debe cumplir ciertas condiciones. Debe resolver un enigma o un problema, hacer posible una construcción. Las condiciones a cumplir son conocidas, la idea que las satisface no lo es.

Para explicar la forma del movimiento de los pensamientos que conduce a encontrar lo que se busca, tomemos el ejemplo de una construcción geométrica simple. La forma del proceso, en efecto, es la misma en todos los casos que aquí consideramos, y nos será suficiente *un solo ejemplo* para comprenderlos a todos: sean dos rectas perpendiculares a y b cortadas oblicuamente por una tercera c ; en el triángulo así formado se propone inscribir un cuadrado, donde dos vértices se encuentren respectivamente sobre a y b , el tercer punto esté en la intersección de a y b y el cuarto, sobre c . Buscamos imaginarnos cuadrados que cumplan esas condiciones. Si tomamos un cuadrado cualquiera que tenga un vértice en el punto de intersección de a y b y dos lados dirigidos según a y según b respectivamente, tres vértices satisfacen inmediatamente las condiciones enunciadas. El cuarto, no cae exactamente en c , está fuera o en el interior

del triángulo considerado. Si, por el contrario, tomamos arbitrariamente un vértice en c y se completa el rectángulo trazando desde ese punto las perpendiculares a y b , el rectángulo obtenido, en general, no será un cuadrado.



Pero se ve que puede pasarse de un rectángulo con sus lados mayores verticales a un rectángulo cuyos lados mayores sean horizontales, haciendo variar la posición del vértice tomado en c y que, en el intervalo, debe encontrarse un rectángulo cuyos lados sean iguales. Así se puede, en la serie de *rectángulos* inscriptos, buscar el cuadrado con toda la aproximación deseada. Existe otro medio. Si se parte de un cuadrado cuyo cuarto vértice se encuentre en el interior del triángulo y se imagina aumentarlo hasta que ese vértice vaya a situarse en el exterior del triángulo, será necesario que en un cierto

momento ese vértice se encuentre en la recta *c*. Y podría buscarse, con toda la aproximación deseable, en la serie de cuadrados, aquel que es de la magnitud requerida. Estos ensayos y estos tanteos preceden naturalmente a la solución completa. El pensamiento vulgar puede contentarse con una solución aproximada, suficiente en la práctica. Pero la ciencia exige la solución más corta, más general y más clara. Obtenemos esa solución partiendo de la consideración de los rectángulos y los cuadrados y *recordando* que todos los cuadrados inscriptos tienen por diagonal común la bisectriz del ángulo formado por las rectas *a* y *b*: inmediatamente podemos completar el cuadrado buscado, partiendo del punto de encuentro de la bisectriz con la recta *c*.

Por simple que sea este ejemplo, elegido exprofeso, expresa sin embargo muy claramente lo que es esencial en toda solución de un problema, la *experimentación con los pensamientos, con los recuerdos*, y muestra claramente la identidad que existe entre la solución de un problema y la solución de un enigma. El enigma es resuelto por una representación que posea las propiedades correspondientes a las condiciones A, B, C... La *asociación* nos proporciona series de representaciones para la propiedad A, para la propiedad B, etc. El elemento (o los elementos) pertenecientes a *todas* las series, donde todas esas series se interceptan, es la solución del problema. He ahí el tipo de proceso de representación que se llama *reflexión*.

Lo que precede pone fuera de toda duda la importancia que presentan para toda la vida psíquica las trazas de los recuerdos de hechos sensibles que pueden reproducirse y asociarse y, al mismo tiempo, muestra que las investigaciones psicológicas y fisiológicas no pueden ser separadas una de la otra, puesto que ya en los *elementos* de la vida, lo físico y lo psíquico están unidos en la forma más estrecha.

La posibilidad de reproducir y de asociar las ideas forma así la base de la *conciencia*. Habría alguna dificultad en llamar conciencias a la existencia ininterrumpida de una impresión invariable. Ya lo decía Hobbes: *Sentire semper idem et non sentire ad idem recidunt*. No puede verse tampoco qué agregaría la hipótesis de una energía especial distinta de todas las otras energías físicas, "la energía de la conciencia". Esta suposición sería inútil y sin ningún papel en física y no haría comprender mejor en psicología cualquier cosa que fuere. La conciencia no es una *cualidad particular* (psíquica), o una clase de cualidades que se distinga de las cualidades físicas; no es sino una cualidad particular que debe añadirse a las cualidades físicas para hacer consciente aquello que no lo es. La introspección, como la observación de otros seres vivos a los cuales debemos atribuir una conciencia análoga a la nuestra, nos enseña que la conciencia tiene sus raíces en la *reproducción* y la *asociación*, y que el nivel de la conciencia marcha a la par con la riqueza, la facilidad, la rapidez, la vivacidad y el ordenamiento de esas funciones. La conciencia no consiste en una cualidad especial, sino en un *vínculo especial* de cualidades dadas. No es necesario tratar de explicar la sensación. Esta es alguna cosa tan simple y tan fundamental que por lo menos actualmente, no puede triunfarse en relacionarla con alguna cosa todavía más simple. Además, la sensación aislada no es consciente ni inconsciente. Pasa a ser consciente cuando toma su lugar en los acontecimientos del presente.

Toda perturbación de la reproducción y de la asociación es una turbación de la conciencia, y esta puede presentar todos los grados, desde la perfecta claridad hasta la absoluta inconsciencia del individuo que duerme sin soñar o que ha caído en un desmayo. Toda turbación temporaria o durable de la coordinación de las funciones cerebrales es al mismo tiempo, una turbación tem-

poral o durable de la conciencia. Hechos tomados a la anatomía comparada, a la fisiología, a la psicopatología, nos fuerzan a admitir que la integridad de los *hemisferios cerebrales* es la condición necesaria de la integridad de la conciencia. Diversas regiones de la *corteza cerebral* reciben y conservan las huellas de diversas excitaciones sensoriales; existen regiones determinadas para las sensaciones visuales, otras para las sensaciones acústicas, otras para las sensaciones táctiles, etc. Estos diferentes campos corticales son unidos entre sí en forma múltiple por las *fibras de asociación*. Toda detención en las funciones de una región cualquiera de la corteza cerebral y toda ruptura de un vínculo entraña turbaciones psíquicas.

Por ejemplo, la idea de la naranja es extraordinariamente complicada. Forma, color, sabor, perfume, consistencia, etc., están estrechamente unidas en una forma particular. Si oigo el nombre "naranja", la sucesión de las sensaciones acústicas conduce como al extremo de un hilo al haz de estas representaciones. Agregad que la palabra oída llama al recuerdo de las sensaciones que se experimenta al pronunciarla, el recuerdo de los movimientos que se hacen para escribirla y la imagen visual de la palabra escrita o impresa. Si además, existe en el cerebro, un campo especial óptico, un campo especial acústico, un campo especial táctil, los fenómenos particulares deben entrar en escena cuando uno de esos campos es excluido, que su función sea suprimida, que ella no esté asociada a los otros campos. En realidad, se han observado tales fenómenos. Si todavía funciona el campo óptico o acústico, mientras que sus vínculos asociativos con otros campos importantes están suprimidos, se produce una "ceguera psíquica" o una "sordera psíquica" que Munk ha observado en los perros después de operaciones hechas en el cerebro. Estos perros *veían* pero no *comprendían* más aquello que veían; no reconocían más la escudilla, el látigo, el gesto amenazador. En los

casos de "sordera psíquica", el perro *oye* pero no reconoce el llamado familiar, no lo comprende más. Las observaciones de los fisiólogos están confirmadas o completadas por las de los psicólogos. El estudio de la confusión del lenguaje es en este punto particularmente notable. La significación de una palabra consiste en el conjunto de asociaciones que esta palabra evoca e inversamente, su empleo correcto descansa en la presencia de estas asociaciones. Las confusiones aportadas a estas asociaciones deben manifestarse aquí en una forma sorprendente. Broca ha reconocido la importancia del tercio posterior de la tercera circunvolución frontal izquierda para el lenguaje articulado; el lenguaje se pierde en todos los casos en que esta parte del cerebro está lesionada. La afasia puede, además, ser causada por un gran número de lesiones diferentes. El enfermo recuerda por ejemplo, las palabras como imágenes sonoras, puede escribirlas y no puede pronunciarlas a pesar de la movilidad de la lengua, de los labios, etc.; falta la imagen *motriz* de la palabra y no se encuentra para motivar los movimientos convenientes. Las *imágenes* ópticas o motrices de la *escritura* también pueden faltar (agrafia). Puede suceder también que la palabra pronunciada o escrita no sea comprendida y no evoque ninguna asociación: es lo que se ha llamado "sordera verbal" o "ceguera verbal". Lordat ha observado en él mismo este caso de sordera y de ceguera verbal; ha podido explicarlo después de su curación. Describe con emoción el instante en que, después de largas y tristes semanas, vió en su biblioteca las palabras "Hippocratis opera" en el lomo de un libro y pudo nuevamente leerlas y comprenderlas. Después de esta enumeración sumaria, incompleta y demasiado breve, es ya posible figurarse cuántas vías de comunicación pueden intervenir entre los campos sensoriales y motores. Las turbaciones del lenguaje de menor importancia, tales como los lapsus de la palabra y de la escritura, aperecen

como consecuencia de una fatiga o de una distracción momentánea, aun en hombres completamente sanos.

He aquí todavía un caso de pérdida de la memoria visual que no es menos notable. Una dama se cae súbitamente, después se la toma por una ciega ya que no reconoce a nadie a su alrededor. Pero fuera de una disminución del campo visual que mejora poco a poco, el accidente no deja más huella que la pérdida de la memoria visual, de la cual la paciente es perfectamente consciente. Hace esta observación característica: "Si juzgo por mi estado, el hombre ve más con el cerebro que con el ojo; el ojo sólo es un medio para ver, pues yo veo todo claro y distintamente pero no reconozco lo que veo y no sé que puede ser eso que veo".

Después de los hechos relatados anteriormente, se debe decir que no existe una única memoria, sino que la memoria se compone de un gran número de memorias parciales, que son distintas una de otra y pueden perderse separadamente. A estas memorias parciales corresponden distintas partes del cerebro, algunas de las cuales actualmente están determinadas con cierta precisión.

Las amnesias periódicamente variables son notables en el más alto punto de vista. Después de un largo sueño, una mujer olvidó todo lo que anteriormente había aprendido. Fué necesario volverle a enseñar a leer, a escribir, a conocer lo que le rodeaba. Algunos meses más tarde, volvió a caer en un profundo sueño. Nuevamente despierta, se encuentra en posesión de sus recuerdos de juventud, como antes de su primer sueño; pero olvidó cuanto sucedió entre sus dos crisis de sueño. A partir de ahí, los dos estados de conciencia y de memoria se alternaron periódicamente cada cuatro años. Era necesario que las personas que debía conocer permanentemente les fueran presentadas en los dos estados.

En estado de vigilia, muy difícilmente se recuerdan los sueños, aun los más extraordinarios, mientras que,

inversamente, durante el sueño, las circunstancias que acompañan al estado de vigilia la mayor parte de las veces se nos escapan completamente. Al contrario, las mismas situaciones se repiten frecuentemente al soñar. Existe un pasaje continuo de la separación neta de los diferentes estados de conciencia hasta esfumarse casi completamente sus límites.

En suma, si con Hering, se atribuye a los organismos la propiedad de adaptarse de más en más a las circunstancias que se repiten, se reconoce que lo que habitualmente llamamos memoria es una manifestación parcial de un fenómeno orgánico *general*. Es la adaptación a los fenómenos periódicos, mientras cae en el dominio de la conciencia. Herencia, instinto, etc., pueden entonces ser consideradas como una memoria que excede al individuo.

CAPÍTULO IV

REFLEJO, INSTINTO, VOLUNTAD, YO

Antes de proseguir nuestras consideraciones psico-fisiológicas, notemos que ninguna de las ciencias particulares que necesitamos, han alcanzado el grado de desarrollo deseable para servir de base *segura* a las otras ciencias. La psicología de observación debe apoyarse sobre la fisiología o la biología. Pero, por el momento, esta última sólo puede ser explicada muy imperfectamente por la física y la química. En estas condiciones, debemos estimar todas nuestras consideraciones como provisionarias y sus resultados como problemáticos, que deberán ser corregidos de muchas maneras por investigaciones ulteriores.

La Vida consiste en fenómenos que se *continúan* efectivamente, se *repiten* seguidamente y se *extienden*, es decir, engloban sucesivamente cantidades de "materia" de más en más más grandes. Los fenómenos de la vida se asemejan así a una *combustión*; aun cuando no sean tan simples como la combustión, tienen con ella cierto parentesco. Al contrario, la mayor parte de los procesos físico-químicos si no son constantemente estimulados de nuevo o entretenidos en su marcha por especiales circunstancias exteriores, conducen bien pronto a un estado de equilibrio.

De conformidad con el carácter fundamental de la *auto-conservación*, debemos suponer que las partes de un organismo más complicado, de una simbiosis de ór-

ganos, están dispuestas para la conservación del *todo*, de otra manera ésta no proseguiría. Y quedaremos sorprendidos de encontrar también esta orientación en vista de la conservación del organismo en los fenómenos psíquicos, que representan la parte de los fenómenos vitales que pasan en el cerebro y llegan así a la conciencia.

Una rana sana, sin lesiones, se comporta de tal manera que es necesario atribuirle cierta *inteligencia* y cierta motilidad *voluntaria*. Se mueve espontáneamente en forma que no se podría prever, escapa de su enemigo, busca un nuevo charco si el anterior se ha secado, se salva por un agujero del recipiente donde se la ha aprisionado, etc. Su inteligencia es, por otra parte, muy limitada si se la compara con la del hombre. La rana traga muy hábilmente las moscas que pasan cerca suyo. Pero, cuando el caso se presenta, engulle también un trozo de tela roja; sin éxito repite la maniobra con los cuernos del caracol y se dejará morir de hambre antes que aceptar moscas recientemente muertas. La conducta de la rana está adaptada a circunstancias de vida estrechamente limitadas.

Si se le quita el cerebro, sólo se mueve como consecuencia de excitaciones exteriores, de lo contrario permanece inmóvil. No engulle más a las moscas ni a la tela roja; no reacciona más frente al ruido. Simplemente expulsa a una mosca que camina sobre ella y sin embargo, traga a la que se pone en su boca. Por una débil excitación cutánea, da un paso; una excitación más fuerte la hace saltar y evita un obstáculo que ve. Si se le ata una pata, triunfa sin embargo, en evitar el obstáculo arrastrándose. La rana sin cerebro colocada sobre un disco giratorio horizontal, busca compensar la rotación que se le comunica. Si se la coloca sobre una tabla uno de cuyos extremos se ha levantado, trepa para no caer y traspassa el borde superior si se continúa girando la tabla en el mismo sentido. Las ranas intactas dan un salto en el momento de esta experiencia. Así, la ablación

Fenómenos

de una parte del cerebro reduce el dominio de lo que podría llamarse alma o inteligencia. La rana que no tiene más que la médula y está colocada de espaldas no sabe enderezarse. *El Alma*, dice Goltz, *no es una cosa simple; es divisible como los órganos.*

Una rana sin cerebro se comporta como un mecanismo. Por investigaciones detalladas, Goltz ha mostrado cuán numerosas son las funciones vitales importantes, que como el acoplamiento están aseguradas por reflejos.

Consideremos ahora otros seres vivos a los cuales nadie atribuye, por lo menos instintivamente, inteligencia y voluntad: las plantas. También aquí encontramos reacciones motrices adaptadas a su objeto y asegurando la conservación del conjunto. Entre estas, señalaremos ante todo, que la luz y la temperatura determinan para las hojas y las flores movimientos de sueño y que los sacudimientos producen movimientos de excitación en las plantas insectívoras. Estos movimientos podrían parecer excepcionales. Al contrario, es una ley general que el tronco de las plantas crece hacia *lo alto*, en sentido inverso de la gravedad, donde la luz y el aire hacen posible la asimilación, mientras que la raíz se hunde en el suelo para buscar el agua y las sustancias que se encuentran disueltas. La manera opuesta de comportarse del tronco y la raíz es un ejemplo de *división* del trabajo en el interés del todo. La representación de finalidad intencional debe apartarse para dar lugar a la de las circunstancias físico-químicas determinando un hecho.

En una serie de trabajos, Loeb ha mostrado que las nociones de geotropismo, heliotropismo, etc., habiendo tomado nacimiento en fisiología vegetal pueden transportarse a la fisiología animal. Naturalmente, las circunstancias en cuestión se manifestarán más simple y más claramente ahí donde los animales vivan en condiciones tan simples que una vida psíquica muy desarrollada

todavía no les es necesaria y, por lo tanto, no puede presentar complicaciones.

La mariposa saliendo de la crisálida se dirige hacia lo alto y sobre la pared vertical que elige con preferencia, orienta la cabeza hacia arriba. Orugas que acaban de nacer ascienden sin tardar hacia arriba. Si se quiere vaciar una probeta que contiene insectos, es necesario tener la abertura hacia arriba, como si contuviera hidrógeno.

Pasa lo mismo con el heliotropismo. Para los animales como para las plantas, es la *dirección* de la luz lo que es determinante. Bajo la influencia de una excitación luminosa asimétrica, el animal modifica su orientación y deja de moverse cuando está colocado de manera que su plano de simetría sea paralelo a la dirección de la luz.

Sin entrar en detalles más extensos, notemos que, relativamente a los tropismos, existe acuerdo completo entre los estudios de J. V. Sachs para la fisiología vegetal y los de Loeb para la fisiología animal.

Muchos sabios no quieren ver en los insectos más que puras máquinas refejas mientras que otros les atribuyen una vida psíquica ricamente dotada. Este contraste descansa en el gusto o repulsión que se tenga por el misticismo: teniendo por místico, todo lo que es psíquico, se busca tanto como sea posible eliminarlo o conservarlo completamente. Desde nuestro punto de vista, lo psíquico no es ni más ni menos misterioso que lo físico, y sobre todo no es esencialmente distinto. No tenemos absolutamente ninguna razón para ser parciales en esta cuestión y tomamos una posición neutra que corresponde aproximadamente a la de Forel. Si *a menudo* podemos engañar a una araña tocando su tela con un diapasón en vibración, esto prueba la *fuerza* de su *mecanismo reflejo*; pero si finalmente ella nota la superchería no podemos más hacerle desechar el *recuerdo*. Forel pretende haber acostumbrado a comer fuera del agua a un dítico que comúnmente sólo come en el agua. El dítico no puede

pues, ser un autómatas puro en el sentido estrecho y vulgar de la palabra. En sus obras, Forel ha mostrado que las avispas y las abejas distinguen los colores y los sabores conservando su recuerdo.

No es inútil proseguir a la vez en el reino animal y en el reino vegetal los grandes rasgos comunes de la vida orgánica. En las plantas todo es más simple, más accesible a la investigación; los fenómenos se ofrecen a la observación en una forma más directa y se cumplen *más lentamente*. Lo que percibimos en el animal como movimiento, manifestación del instinto, acto voluntario, se nos aparece en las plantas como un fenómeno de crecimiento formando parte de una sucesión morfológica, o nos parece fijado bajo formas de hojas, flores, frutos, semillas, prestándose a una observación prolongada. La diferencia sólo responde en gran parte a la subjetividad de nuestra unidad de tiempo. Figurémonos los movimientos lentos más retardados del camaleón y, por el contrario, los movimientos muy acelerados de adherencia de las enredaderas: para el observador la diferencia se desvanecerá muy notablemente entre estos dos procesos, movimiento de animales y fenómenos de crecimiento de las plantas.

Si no podemos interpretar psicológicamente más que en forma muy limitada los fenómenos del mundo vegetal, no conseguiremos comprenderlos mejor desde un punto de vista físico. Es exactamente la inversa lo que nos sucede con los animales. Pero el estrecho parentesco de los dos órdenes de fenómenos hace muy instructiva y muy fecunda la aproximación de estas diversas consideraciones. En fin, la relación mutua de las plantas y de los animales, tanto desde el punto de vista físico-químico como desde el punto de vista morfológico es, ella también, de inagotable riqueza de sugestión. Piénsese, por ejemplo, en los descubrimientos hechos por Sprengel en 1787, tocante a la adaptación recíproca de las flores

y de los insectos, descubrimientos a los cuales Darwin ha dado una nueva vida en su trabajo sobre las orquídeas. He ahí seres vivos, aparentemente *independientes* unos de otros que sin embargo, en sus manifestaciones vitales están tan estrechamente determinados uno por el otro y afectados uno al otro como las partes de *un único* animal o de *una sola* planta.

Los movimientos que se reproducen como consecuencia de una excitación determinada, sin que el cerebro entre en juego, son llamados *movimientos reflejos*. Están preparados de antemano por las conexiones y la disposición de los órganos. Los animales cumplen funciones, a veces muy complicadas, que parecen tender hacia un objeto determinado, hacia un fin al que no podemos absolutamente atribuir el conocimiento o la prosecución intencional. Estas funciones las llamamos instintivas. Sólo podemos comprender mejor estas acciones instintivas considerándolas como una *cadena de movimientos reflejos*, donde cada elemento es puesto en juego por el precedente. He aquí un ejemplo simple. La rana atrapa una mosca que zumba a su alrededor y la engulle. Aquí, el primer acto es evidentemente desencadenado por la excitación óptica o acústica. Del hecho que la rana privada de cerebro, no la atrape y sin embargo engulla la mosca desde que se la ponemos en la boca, debemos concluir que el movimiento de deglución es una consecuencia del acto de atrapar. Bajo la influencia del intelecto, un desarrollo psíquico más elevado puede modificar el acto instintivo o provocar la repetición. El principio del encañamiento de los reflejos nos hará comprender mejor ciertos actos instintivos, hasta extraordinariamente complicados. *Esperamos* ver aparecer variaciones del instinto producidas por circunstancias accidentales, tanto para la especie en el curso del tiempo, como para los individuos de la misma especie que viven en la misma época.

El niño de algunos meses de edad coge todo lo que

sorprende a sus sentidos y generalmente se lleva a la boca lo que ha cogido, como el pollito picotea todo. Lo mismo que la rana, toca el lugar de la piel donde se ha posado una mosca; sólo que el mecanismo-reflejo es todavía menos maduro y menos desarrollado en el niño recién nacido que en estos animales.

Los movimientos involuntarios de nuestros miembros están ligados a sensaciones, especialmente a las sensaciones ópticas y táctiles, como los fenómenos que se realizan alrededor nuestro. Dejan después imágenes motrices ópticas y táctiles. Estas trazas de movimientos en la memoria se unen por asociación a otras sensaciones simultáneas, agradables o desagradables. Notemos que lamer el azúcar está ligado a la sensación de "dulzor"; tocar una llama, chocar contra un cuerpo duro o contra nuestro propio cuerpo, a la de "dolor". Así acumulamos *experiencias* tanto sobre los fenómenos que se suceden alrededor nuestro como sobre aquellos que se verifican en nuestro propio cuerpo, y particularmente, sobre sus *movimientos*. Estos últimos fenómenos nos tocan de más cerca y se ofrecen a nuestra observación en forma constante: tienen para nosotros una importancia predominante y muy pronto, vienen a ser los más familiares. Por acción-refleja, un niño ha tomado un trozo de azúcar y lo ha puesto en su boca; otra vez ha tocado una llama y, siempre por acción-refleja, ha retirado su mano. Cuando más tarde, el niño vuelve a ver el azúcar o la llama, su conducta está ya modificada por el recuerdo. En el primer caso, el movimiento a asir se produce; en el segundo, es detenido por el recuerdo del dolor que actúa, en efecto, como el dolor mismo. El movimiento *voluntario* es un movimiento-reflejo influido por el *recuerdo*. Nos es imposible efectuar ningún movimiento voluntario que no se produzca, en su conjunto o en sus partes, como un movimiento-reflejo o como un acto instintivo que no pueda ser *reconocido* por nosotros como

tal. Si nos observamos mientras ejecutamos un movimiento, notaremos que recordamos vivamente un movimiento ya producido anteriormente y que por ello ese movimiento se realiza; nos representamos el cuerpo a tomar o a apartar y con él su *ubicación* y las sensaciones ópticas y táctiles que se unen a la acción de tomarlo y estas representaciones ocasionan seguidamente después, el movimiento mismo. De algunos movimientos muy familiares no tomamos casi más conciencia sino por representaciones particulares. Mientras pensamos en el sonido de una palabra, esta palabra ya ha sido pronunciada; mientras nos representamos su imagen escrita, ya fué escrita, sin que los movimientos intermediarios del lenguaje y de la escritura se hayan presentado nítidamente a nosotros. La representación viva del *objeto* o del *resultado* de un movimiento provoca aquí la sucesión rápida de una serie de procesos psicofisiológicos que conducen al movimiento mismo.

Lo que llamamos *voluntad* no es sino una *manera particular* de hacer entrar las asociaciones *temporariamente* adquiridas en el mecanismo fijo del cuerpo anteriormente formado. En las condiciones de vida simple, el mecanismo congénital del cuerpo es suficiente, él solo, para asegurar la cooperación de los órganos en la conservación de la vida. Pero, si las condiciones de vida varían más en el tiempo y el espacio, los mecanismos reflejos no son más suficientes. Es necesario entonces que sus funciones tengan un poco de juego y puedan modificarse para cada caso. Los fenómenos reflejos son *modificados* por las trazas de los recuerdos que vienen a la conciencia; es esta *modificación* lo que llamamos *voluntad*. Sin reflejo ni instinto, no existiría la voluntad. Reflejos e instintos constituyen siempre el núcleo de las manifestaciones vitales. Solamente cuando ellos no son más suficientes para la conservación de la vida es que interviene la modificación, o aun que estos actos

naturales son momentáneamente suprimidos y un giro, a menudo largo, permite alcanzar lo que inmediatamente no podría ser obtenido. Es el caso de un animal que se aproxima furtivamente a una presa y se apodera de ella saltándole encima, pues no habría podido tomarla en otra forma. Es el caso del hombre que construye chozas y hace fuego para protegerse contra el frío que su organización no le permitiría soportar sin artificios. Lo que asegura una ventaja al hombre sobre el animal y al hombre civilizado sobre el salvaje, es simplemente la extensión de los rodeos que efectúan para alcanzar el mismo fin, la capacidad de inventar estos rodeos y seguirlos. Así, se puede considerar toda la cultura técnica y científica como una senda indirecta. Puede suceder que, puesta al servicio de la civilización, la fuerza del intelecto (del camino de representación) aumente bastante para que el intelecto se cree sus *propias* necesidades y se ocupe de la ciencia por *ella misma*. Sin embargo, se ve que este fenómeno no puede ser sino un producto de la cultura social, que hace posible una división del trabajo tan avanzada. El investigador, enteramente absorbido en sus pensamientos, sería fuera de la sociedad un fenómeno patológico que, biológicamente, no podría subsistir.

Muller ha admitido además que las impulsiones motrices, *inervaciones*, yendo del cerebro a los músculos, podrían ser inmediatamente sentidas como tales, lo mismo que las excitaciones nerviosas periféricas, propagándose al cerebro, producen sensaciones. Esta opinión ha tenido partidarios hasta estos últimos tiempos. Pero James y Münsterberg han efectuado un excelente y más hondo estudio del problema de la voluntad desde el punto de vista psicológico, y Hering ha trabajado muy especialmente el aspecto fisiológico. La opinión de Muller no es sostenible. El observador atento está obligado a reconocer que sus *sensaciones de inervación* no son

perceptibles; no se sabe *cómo* un movimiento se efectúa, qué músculos entran en juego, con qué tensión participan, etc. Todo ello está condicionado por el organismo. Nosotros solamente nos representamos el *objeto* del movimiento y sólo conocemos sobre el movimiento *efectuado* las impresiones periféricas de la piel, de los músculos, de los tendones. Algunas representaciones se completan en la conciencia asociándose a otras representaciones; igualmente los recuerdos de impresiones sensibles se completan *asociándose* a los procesos *motores* correspondientes, pero estos últimos no caen más en el dominio de la conciencia, que solamente alcanza sus consecuencias. Son relaciones nerviosas especiales con el cerebro las que hacen que ciertos anillos de la cadena de asociaciones lleguen a la conciencia. Como ejemplo de puesta en acción de diversos procesos físicos por las representaciones, recordemos que la sola idea del vómito es suficiente para hacer vomitar a las personas sensibles. Las personas cuyas manos transpiran fácilmente y aquellas que enrojecen cuando están confusas, no pueden pensar en estos fenómenos sin que ellos inmediatamente se produzcan. Las glándulas salivales del gastrónomo reaccionan prontamente con las imágenes gustativas. Todavía otros hechos confirman las vistas aquí expresadas. Si una contracción muscular no es de origen central, si no es provocada por la voluntad, pero es debida a una corriente de inducción la sentimos como un esfuerzo, lo mismo como la contracción voluntaria; la sensación de contracción voluntaria es pues de origen periférico.

Movimientos, sensaciones y representaciones están, en suma, muy estrechamente ligados. Cuando un gato salvaje puesto sobre aviso por un ligero ruido, recuerda el animal que puede hacer ese ruido, dirige sus ojos hacia el lugar donde se ha producido y se mantiene listo para saltar. La asociación de las ideas ha provocado aquí movimientos que hacen posible una impresión óptica

más nítida del objeto esperado, interesante y que puede servir de alimento: éste podrá entonces ser atacado por un salto bien medido. Al contrario, los ojos del gato están sin embargo, completamente ocupados con su presa. Por eso mismo, se encuentra bastante menos dispuesto a recibir impresiones procedentes de su alrededor y el animal acechado fácilmente es víctima del cazador. Veamos cómo aquí sensaciones, representaciones y movimientos, se penetran unas a otras para realizar el estado que llamamos *atención*.

Nosotros hacemos como ese gato, cuando *reflexionamos* en alguna cosa que concierne inmediatamente a la conservación de nuestra vida o que nos interesa por cualquier otra razón. No nos dejamos llevar por cualquier idea. Inmediatamente, descuidamos todas las cuestiones indiferentes, no prestamos atención a los ruidos que nos circundan o tratamos de impedirlos. Nos instalamos en nuestra mesa de trabajo, dibujamos una construcción geométrica o comenzamos a desarrollar una fórmula. Dirigimos los ojos varias veces sobre la construcción o sobre la fórmula. Las asociaciones relacionadas con nuestra tarea aparecen solas. Si *otras* aparecen, bien pronto son *sofocadas* por las primeras. Movimientos, sensaciones y asociaciones cooperan, cuando reflexionamos, en producir el estado de *atención intelectual* como provocan en el gato la *atención sensible*. Nuestro pensamiento, que *nosotros* creemos dirigir "voluntariamente", en realidad, está determinado por la idea del problema que regresa siempre. En el caso de la atención sensible, los sentidos están dirigidos hacia un objeto determinado, el animal viene a ser relativamente ciego o sordo para cualquier otro objeto; igualmente, las asociaciones concernientes al problema eliminan todas las otras. El gato no nota la aproximación del cazador, y Arquímedes, absorbido por una construcción geométrica, paga con la

vida una adaptación biológica insuficiente en las circunstancias del momento.

No existe *ni voluntad ni atención* sino fuerzas psíquicas especiales. La *misma* fuerza que forma el cuerpo, dirige también las formas particulares de la colaboración de las partes del cuerpo, para los cuales hemos adoptado los nombres colectivos de "voluntad" y de "atención". Voluntad y atención son parientes tan cercanos que es difícil trazar sus límites respectivos. En la voluntad y en la atención, existe una *elección*, como en el geotropismo y el heliotropismo de las plantas, como en la caída de la piedra hacia el suelo. Todas estas cosas son igualmente misteriosas o comprensibles. La voluntad consiste en la subordinación de los actos reflejos menos importantes o que no tienen más que importancia pasajera, a los procesos que guían las funciones biológicas. Pero estos procesos conductores son las sensaciones y las representaciones que *registran* las condiciones de la vida.

Muchos movimientos cuya continuación ininterrumpida es necesaria para conservar la vida, como las contracciones del corazón, los movimientos respiratorios, las contracciones peristálticas del intestino, son independientes de la voluntad o por lo menos, son influidas en una forma muy limitada por los fenómenos psíquicos (emociones). El límite entre los movimientos voluntarios e involuntarios no es absolutamente fijo, varía un poco según los individuos. Existen músculos que están sometidos a la voluntad en ciertos hombres y que en otros, escapan completamente a ella. Parece que Fontana podía a su capricho, contraer sus pupilas y E. F. Weber retener los latidos de su corazón. Si la innervación de un músculo resulta bien por *azar* y si se puede *reproducir* por el recuerdo las sensaciones que entonces intervinieron, la contracción del músculo puede generalmente reproducirse y el músculo queda en lo sucesivo bajo la dependencia de la voluntad. Tentativas

felices y el ejercicio pueden así retroceder el límite de lo que es movimiento voluntario. Th. de Quincey, como consecuencia del uso del opio, experimenta un gran debilitamiento de la voluntad. Por otra parte, ideas simples pueden llegar a ser tan impulsivas que amenacen traducirse en acciones. Por ejemplo, un hombre está dominado por el pensamiento de matar a cierta persona, o matarse él mismo, y voluntariamente se hace atar para ponerse al abrigo de este terrible impulso.

A causa de su intensidad y su claridad, la *vida intelectual* aparece al hombre *adulto* que analiza su Yo, como el *contenido más importante* del Yo. Es diferente para un individuo en camino de desarrollarse. El niño de algunos meses todavía está dominado por sus *sensaciones orgánicas*. La *necesidad de alimentarse* es la más potente y la más activa. La *vida de los sentidos* y más tarde la *vida de representación*, se desarrollan poco a poco. No es sino muy lentamente que aparece la *necesidad sexual*, y el aumento de la vida intelectual viene a modificar toda la personalidad. Así se desarrolla una imagen del mundo, *en el centro* del cual nuestro propio cuerpo se destaca en forma nítida y bien limitada como el elemento más importante. El elemento central de esta imagen del mundo es común al hombre y a los animales superiores. Pero la vida intelectual disminuye tanto más cuanto nosotros consideramos organismos más simples. En el hombre civilizado, cuya vida es parcialmente aliviada, las ideas, que dependen de su profesión y de su situación, pueden adquirir una fuerza y un valor tal que todo el resto parece insignificante al lado de ellas; pero ellas no son, ante todo, sino medios de satisfacer las necesidades propiamente dichas.

Contribuyendo las sensaciones orgánicas en parte importante a la formación del Yo, se concibe que las turbaciones de estas sensaciones orgánicas alteren también el

Yo. Ribot ha descrito casos muy interesantes de este género.

Los mellizos que tienen una parte del cuerpo común, los hermanos siameses por ejemplo, tienen también un Yo parcialmente común y presentan, como es natural a causa de su semejanza, un carácter idéntico. Esto va tan lejos que en la conversación, la frase iniciada por uno es completada por el otro. Además, los mellizos con unión orgánica no hacen sino presentar, en un grado más elevado la similitud física y psíquica de los mellizos orgánicamente separados, similitud que, en los tiempos antiguos y modernos, ha proporcionado inagotables temas de comedia.

Los casos, donde dos personalidades distintas se manifiestan *a la vez* en un solo cuerpo, merecen ser señalados. Un hombre a quien el tifus había privado de conocimiento, al fin despierta, pero cree tener dos cuerpos acostados en dos camas diferentes, uno enfermo, el otro sano.

Es necesario aproximar los casos de supuesta posesión, o, en el cuerpo de un individuo, otra persona parece tomarlo a su gusto, ejercer un control, dar órdenes y a menudo gritarle con voz extraña. No debe admirar que la impresión de angustia y de terror provocada por estos hechos haya impulsado a ver manifestaciones demoníacas.

Lo más frecuentemente, las personalidades diferentes se manifiestan en un cuerpo *una después de otra*, o alternativamente. Una prostituta, convertida y recibida en un convento, cae en una locura religiosa seguida por idiotéz. Durante un cierto tiempo, alternativamente se cree monja y prostituta y se comporta en consecuencia. Hasta se han observado casos de trueque de tres personalidades diferentes.

Para formarse de estos casos una idea científica, teniendo en cuenta todos los elementos que contribuyen a la formación del Yo, debe imaginarse que, a las *sensa-*

ciones orgánicas cambiantes se vinculan círculos de asociación que están sólidamente unidos y que son independientes unos de otros. Cuando las sensaciones orgánicas cambian, como sucede durante la enfermedad, también cambian los recuerdos con toda la personalidad. La doble personalidad se muestra en el estado de tránsito si se prolonga suficientemente largo tiempo. Estos estados no son completamente extraños a aquellos que son capaces de observarse durante el sueño y hasta puede llegar a representárselos.

Las partes del cuerpo humano están muy estrechamente ligadas y casi todos los procesos vitales alcanzan en alguna forma al cerebro, llegando así a la conciencia. No sucede lo mismo en todos los organismos. Si una lombriz cortada en dos continúa arrastrándose, casi exactamente como si estuviera intacta, después que se han unido los dos pedazos con un hilo, debemos admitir que en este animal, las partes que no se tocan inmediatamente, no están en una relación tan íntima como en el hombre: un anillo actúa sobre el siguiente por excitación y es por ello que se observa que la lombriz continúa arrastrándose si el anillo precedente excita al siguiente por intermedio del hilo; pero no se puede hablar mucho de la centralización de toda la vida en el cerebro, ni de la formación correspondiente de un Yo.

CAPÍTULO V

EL DESARROLLO DEL INDIVIDUO EN LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD

Separado del cuerpo de sus padres, el organismo animal comienza una vida personal. No trae como herencia sino un cierto número de reacciones reflejas que deben ayudarlo en las primeras necesidades. Mientras adapta este aporte a su medio especial, que lo modifica y que lo aumenta, adquiere *experiencia*, pasa a ser una *individualidad* física y psíquica. El niño se comporta como la pequeña perdiz que sale del cascarón y picotea. Sólo que el niño es menos maduro y menos ricamente dotado cuando se separa de su madre, cuya asistencia física y psíquica le es necesaria todavía durante largo tiempo.

Los animales acumulan experiencias individuales en la misma forma que el hombre. La biología y la historia de la civilización son para la psicología y la teoría del conocimiento, fuentes que se equivalen y se completan recíprocamente.

Puede ser muy difícil penetrar con el pensamiento en la vida psíquica de los insectos, por ejemplo, cuyas condiciones de vida y cuyos sentidos nos son tan poco conocidos y se puede estar tentado de estudiarlos como puras *máquinas* y no hacer ninguna conclusión relacionada con su vida psíquica; pero, no siendo los otros medios de investigación ya más suficientes, se debería tanto menos dejar sin utilizar el precioso hilo de la *analogía*.

Estamos en el caso de ser llevados a exagerar el abismo entre el hombre y los animales. Olvidamos demasiado fácilmente cuantos fenómenos se suceden mecánicamente en nuestra propia vida psíquica.

Partiendo del estudio de los animales más próximos al hombre, para progresivamente llegar a aquellos que están más alejados, haremos un estudio serio de psicología comparada, que iluminará para nosotros los fenómenos de la vida psíquica más elevada y la más simple, las concordancias y las diferencias entre estos dos extremos.

Por algunos ejemplos podemos hacer comprender las relaciones del alma del animal y la del hombre. Un perro toma por el medio un bastón de pesada empuñadura, lo que le ocasiona bastante mal. Después de numerosas tentativas, aprende a tomarlo cerca de la empuñadura, en la proximidad de su centro de gravedad (Morgan).

Dos perritos llevan bastones atravesados y las extremidades de los bastones chocan con los pilares de un estrecho pasaje para peatones. Los perros dejarán caer los bastones y escapan sin ellos. Se vuelve a enviarlos, uno de ellos toma el bastón por un extremo y lo arrastra sin dificultad, mientras que el otro persistiendo en tomar el bastón por su parte media, choca siempre y lo deja caer. Volviéndolo a llevar al mismo lugar una hora después, el perro aparentemente más hábil había olvidado la ventaja que el azar le había verdaderamente ofrecido. Los caballos y los perros, que deben arrastrar un fardo sobre una colina escarpada, prefieren a la línea recta el camino en zigzag cuya pendiente es menor.

De estos ejemplos pueden deducirse las siguientes reglas:

1º Los animales saben servirse para su provecho de las asociaciones que el azar les enseña.

2º A causa de la complicación de los hechos, pueden

asociar caracteres que no están íntimamente ligados. Por ejemplo, un perro puede atribuir el ardor a la planta que atrae su atención, mientras que no nota las ortigas del camino.

3º Sólo persisten las asociaciones frecuentemente renovadas y biológicamente importantes.

Se reconocerá que la conducta de la mayor parte de los hombres puede explicarse según las mismas reglas.

Morgan relata rasgos de increíble estupidez de una vaca cuyo ternero murió muy pronto después de su nacimiento. Como la vaca no se dejaba ordeñar sino en presencia del ternero, el cuidador llenó de heno la piel del ternero sin cabeza ni patas. La vaca olfateaba y lamía con ternura al simulado ternero, mientras comenzaban a ordeñarla. Pero más tarde, gracias a esas incesantes caricias, aparece el heno y la vaca se lo comió todo tranquilamente. En varias de sus novelas, Maupassant ha relatado con maestría rasgos de estupidez humana que no son casi exagerados.

Cuando, por necesidad biológica, la vida psíquica alcanza un cierto desarrollo, continúa manifestándose aun cuando no sea necesaria: la curiosidad nos muestra esta superabundancia de la vida psíquica. He aquí un ejemplo: en un jardín zoológico, un mono toma un gerbo, lo examina, encuentra la bolsa, saca los pequeñuelos y los vuelve a colocar después de haberlos examinados atentamente. Aquí, el interés del pequeño zoólogo excede ya notablemente la necesidad biológica.

La vida psíquica del animal está además esencialmente enriquecida por la observación de la conducta de sus congéneres, por sus ejemplos y por el rudimento de lenguaje, que ya en ellos constituye los reflejos de advertencia y de invitación. La vida de una especie experimenta así, modificaciones en el transcurso del tiempo. Si estas modificaciones raramente se verifican tan rápido como las que sobrevienen en la vida del hombre civilizado

como consecuencia de los inventos, sin embargo los procedimientos son aquí y allí de la misma especie y, en los dos casos, podemos hablar de una *historia*.

Las diferencias que presenta el hombre con relación a los animales, desde el punto de vista psíquico, no son cualitativas, solamente son cuantitativas. Como consecuencia de las condiciones más complicadas de su existencia:

1º Existe una vida psíquica más intensiva y más rica.

2º Hay un círculo de intereses mayor y más extendido.

3º Para alcanzar sus objetivos biológicos, es capaz de emplear un desvío más largo.

4º A causa de las comunicaciones orales y escritas más completas, la vida de los contemporáneos y de los antecesores ejerce una influencia más fuerte y más directa sobre el individuo.

5º Durante la vida de cada individuo se produce una modificación más rápida de su vida psíquica.

Como los animales, el hombre conquista los beneficios de la civilización en el camino de las experiencias primitivas. Cuando no hay más frutos en los árboles, espía la caza como una bestia y emplea artificios como ella. Además, en la elección de los medios, se muestra la mayor fuerza de su imaginación sostenida por una experiencia más rica. El indio se disfraza de reno para alcanzar un rebaño de renos y el egipcio oculta su cabeza en una calabaza para coger los pájaros. Bien puede ser que experiencias fortuitas hayan conducido a aplicar tales medios. La construcción extremadamente ingeniosa de las distintas trampas testimonia la astucia del hombre y también la de los animales que muy pronto conocen tales trampas, aprenden a evitarlas e imponen al hombre nuevos problemas.

El hombre primitivo se instalaba en árboles entrelazados, como los pájaros y los monos, o se alojaba en una caverna como los animales carnívoros. La necesidad

de un espacio mayor poco a poco transforma en una larga choza rectangular la choza redonda de los indios, formada por arbustos ligados entre sí. Las condiciones climáticas y la naturaleza de los materiales disponibles han hecho reemplazar las construcciones de madera por las de piedras brutas o talladas. El uso del vestido distingue al hombre de los animales en una forma sorprendente. Es verdad que algunos cangrejos se escurren en sus conchas para abrigarse; pero estos casos son muy raros relativamente y la mayor parte de las veces, la envoltura (piel, caparazón, etc.) dada por la naturaleza, constituye una protección suficiente. ¿Como consecuencia de las circunstancias perdió totalmente el hombre el revestimiento de pelos que le transmitieron sus antepasados? ¿Impulsado hacia el Norte por los climas más cálidos, perdió el hombre su pelo a causa de su vestimenta? ¿O bien ha sido llevado al estado presente por complicados fenómenos prehistóricos? Buscando abrigarse, el hombre tomó primeramente como vestimenta a pieles de bestias y cortezas de los árboles. Llegado el caso, las reemplazó por hierbas trenzadas. Constituyó un progreso el hacer trenzas tirando y retorciendo las fibras de las plantas, los pelos y la lana. *Se hila*, se trenzan estos hilos: *se teje*. Y la necesidad de reatar las pieles y las telas tejidas para confeccionar un vestido, enseñó *la costura*.

El animal y el hombre no pueden ponerse en relación con los cuerpos que los rodean más que por los músculos de *su propio cuerpo*. Pero, mientras el animal se esfuerza la mayor parte de las veces, en asir *inmediatamente* lo que necesita o en apartar lo que le obstaculiza, el hombre, con una fuerza psíquica más grande, ve además los *caminos desviados* y, entre ellos, elige el más cómodo. El hombre ha encontrado la conveniencia de observar la acción de los cuerpos sobre los cuerpos, aun cuando esto no le interese de inmediato y sabe, cuando llega el caso, utilizar esa observación. Sabe que los animales no temen

a sus compañeros, ni los pájaros a la calabaza y de acuerdo a ello, elige su máscara. El mono persigue en vano a un pájaro; el hombre alcanza al pájaro con el proyectil que ha ensayado antes y cuya eficacia ha experimentado golpeando otros cuerpos en forma metódica. El mono voluntariamente se envuelve en una manta, *cuando* tiene una, pero no sabe procurarse ni piel ni corteza para hacerse una. El mono, cuando se presenta la ocasión, arroja cualquier cosa a su enemigo y hasta puede derribar las frutas con una piedra. Pero el hombre *fija* todos los procedimientos ventajosos; por naturaleza es más *económico* y dirigiendo su atención hacia los *medios intermediarios*, inventa armas y herramientas que le rinden inapreciables servicios.

Si un fuego es encendido por un rayo, los monos lo aprovechan con tanto gusto como el hombre para calentarse. Sólo que el hombre nota que la madera que agrega *entretiene* el fuego. Sólo él utiliza esta observación, cuida, conserva y transporta el fuego para realizar diferentes objetivos. Se procura una materia fácilmente inflamable y continúa abrigando la yesca bajo la ceniza, y las nuevas experiencias que así adquiere, lo colocan en situación de rehacer el fuego. Una vez que está en posesión del fuego, su mirada que se extiende más allá de su necesidad inmediata, le hace descubrir, oportunamente, la fabricación del vidrio y la fusión de los metales. La utilización del *fuego* es la clave de la técnica *química*, como la utilización de las *herramientas* y de las armas es la de la técnica *mecánica*.

Todo hombre, que ha experimentado, conoce cuánto más fácil es ejecutar con la mano un movimiento conveniente correspondiendo casi a sus designios, que observar exactamente la manera cómo los cuerpos se comportan *uno con relación a otro* y reproducir estos fenómenos por el pensamiento. Lo primero es un efecto de funciones vitales que se ejercen sobre nosotros en forma ininte-

rumpada; lo segundo, no teniendo para nosotros un interés inmediato, no puede tomar sino medianamente una superabundancia de actividad sensorial y psíquica (Jeu).

La observación y la imaginación inventiva suponen ya un cierto bienestar y algunas comodidades. Para ejercerlas, el hombre primitivo debió ya vivir en condiciones relativamente favorables. Además, existen pocos hombres que hagan inventos. La mayor parte toma y emplea lo que ha sido encontrado por algunos inventores: es en esto que consiste la educación, que puede suplir a la falta de aptitud, y por lo menos, *conservar* las conquistas de la civilización.

Como puede darse cuenta si se reflexiona atentamente en lo que acabo de decir, no es sino muy difícilmente y muy lentamente que el hombre primitivo adquirió cierta superioridad sobre los animales, luego, a partir de cierta época, la velocidad de progreso ha podido aumentar. La civilización se desarrolla bastante por la formación de la sociedad, la división en clases, profesiones y oficios. Así, una parte del cuidado de su mantenimiento es quitada a cada uno y un campo de actividad *más restringido* es asignado al individuo, que desde entonces, podrá dominarlo más completamente.

La asociación de los hombres produce invenciones particulares que no son posibles sino por ella. Es el trabajo rítmico y organizado en el espacio y en el tiempo de hombres que tienen una finalidad común: la encontramos en el manejo de las armas de los soldados, en la maniobra de pesadas cargas como en los egipcios y en parte en el trabajo de las fábricas actuales. Las clases sociales, que favorecen las circunstancias históricas, no dejan de hacer girar en su propio beneficio el trabajo de las otras clases, no consintiendo sino sacrificios insignificantes. Pero cuando las primeras tienen nuevas necesidades, buscan nuevos medios de satisfacción más fácil y a menudo el progreso de la civilización aporta indirectamente

tamente a los trabajadores lo que no se les daba, tanto en ventajas materiales como para los provechos intelectuales.

El hombre aprende a servirse de los animales para los fines que se propone y por ahí aumenta su poder en forma poco común. En la asociación, hace la experiencia del alto valor del trabajo del hombre, lo que lo conduce a no matar a los prisioneros de guerra sino a forzarlos a trabajar. He ahí el origen de la esclavitud, pilar de la civilización antigua, que prosigue bajo diferentes formas hasta en los tiempos modernos. Actualmente en Europa y América la esclavitud ha sido suprimida de nombre y en la forma, pero en la realidad, muchos hombres son siempre empleados por algunos. Además, el hombre no es el único en servir a seres de su especie o de especie diferente; esto se encuentra, por ejemplo, en un hormiguero.

Al lado del trabajo del animal, y del trabajo del hombre, poco a poco se ha buscado utilizar las *fuerzas* de la naturaleza "inanimada"; es así que se construyeron los molinos de agua y los molinos de viento. Trabajos de más en más numerosos que antes eran ejecutados por animales o por hombres, ahora están confiados al agua o al aire en movimiento. Esto sólo exige la instalación de máquinas que no deben alimentarse y que, en general, son menos recalcitrantes que los animales o los hombres. Después de la invención de la máquina a vapor, se ha recurrido a la abundante provisión de energía que la vegetación del mundo prehistórico había almacenado en las profundidades de la tierra durante miles de años, en forma de hulla. Los recientes progresos de la electrotécnica amplían constantemente, por el transporte eléctrico de la energía, las aplicaciones de la máquina a vapor tanto como el de las fuerzas del agua y del viento, captadas en lugares apartados.

Podía pensarse que por tal aumento de fuerzas, la

parte laboriosa de la humanidad que sólo emplea máquinas vería su tarea sensiblemente *aliviada*. Pero si se mira mejor, se ve que ése no es el caso. El trabajo continúa siendo tan agotador como anteriormente. Aristóteles hablaba de una edad futura con máquinas y *sin* esclavos: su sueño no se ha realizado y la tarea colosal de las máquinas sirve mucho menos para facilitar la vida de los hombres que para satisfacer las necesidades de lujo de la clase dominante.

Frente a la vida civilizada intensiva se despiertan todavía otros pensamientos. Los ensordecedores tranvías, el zumbido de las ruedas de las fábricas, el deslumbramiento de la luz eléctrica en nuestras ciudades no son más contemplados por nosotros con un placer sin preocupaciones, si pensamos en la cantidad de carbón consumida en una hora. ¿Nos aproximamos con inquietante velocidad al momento en que la tierra, como un organismo envejecido, haya agotado sus tesoros? ¿Qué sucederá entonces? ¿Seremos retrotraídos a la barbarie?, o bien, aquí y allá, la humanidad habrá adquirido la sabiduría de la edad madura y aprendido a administrar sus bienes?

Los progresos de la civilización sólo pueden ser alcanzados por hombres parcialmente liberados de zozobras. Esto es verdadero tanto para el bienestar material como para la cultura intelectual. Pero esta última tiene una cualidad preciosa: no puede impedirse que se extienda a la parte oprimida de la humanidad. Y un día, forzosamente, esta parte de los hombres dándose cuenta exacta de las cosas se volverá hacia la parte dominante para exigir un empleo *más económico y más ordenado* del fondo *común*.

A las invenciones que nacen de la vida social del hombre, pertenecen también la *palabra* y la *escritura*. Los gritos reflejos, despertados por algunos estados, se transformaron involuntariamente en *recuerdos* y en *signos* de estos estados y de estas emociones; vinieron a ser *com-*

prensibles para los individuos de la misma especie que vivían en las mismas circunstancias. Por poco especializados que puedan ser los gritos de los animales, el lenguaje humano no es sin embargo más que un desarrollo más perfecto del lenguaje de las bestias. Los gritos se han modificado y especializado, se extendieron por la imitación y se conservan por tradición. El elemento *emotivo* que hizo nacer esos gritos se reproduce siempre y el grito se asocia más y más estrechamente a las *representaciones* correspondientes. En cierta medida, podemos *observar* las modificaciones progresivas del lenguaje en los niños, pero la comparación de las lenguas en los pueblos del mismo origen nos proporciona un mayor número de hechos. Vemos como, con la división de un pueblo en varias ramas vivientes en condiciones distintas, también se divide la lengua. Las palabras se modifican: *la misma* palabra adquiere en lenguas emparentadas significaciones que a veces llegan poco a poco, a diferir mucho una de otra. Es por ello que la lectura de los afiches en las calles de una ciudad holandesa puede divertir a un alemán. Antes hemos señalado la importancia de la palabra como centro de asociaciones. Más adelante, volveremos sobre la importancia del lenguaje para la abstracción.

La mímica que todos los pueblos extranjeros emplean para entenderse o la mímica de los sordomudos (en oposición con el lenguaje artificial de los dedos) hace más fecundo el uso del gesto para representar las cosas que se ven, cuando no pueden mostrar las cosas mismas.

Para sustituir signos permanentes en lugar de signos que se oyen por un instante, nació la escritura: ella tiene la ventaja de la permanencia. Primeramente, se dió enseñanzas sobre los acontecimientos, fijando la imagen. El tatuaje representa el comienzo de la escritura y el dibujo sobre la piel poco a poco se transforma en signos de raza, en "totems". Las marcas convencionales del re-

uerdo, los nudos, las muecas sobre varillas que en seguida son hendidas a lo largo y conservadas por cada una de las partes contratantes, los cordones anudados de los peruanos o "quipos", igualmente representan los comienzos de escrituras.

En seguida la escritura pudo desarrollarse de dos maneras diferentes: sea que las imágenes de las cosas se funden rápidamente en una escritura simplificada, en *signos de abstracción* convencionales, como en la escritura china, sea que las imágenes vienen a ser una especie de jeroglíficos y sólo sean signos fonéticos como en los *jeroglíficos* de los egipcios. La tendencia al pensamiento abstracto y el deseo de utilizar la escritura han conducido a los primeros medios. Al contrario, la necesidad de escribir los nombres de las personas, los nombres propios, han llevado al segundo medio cuyo desarrollo ha proporcionado la *escritura alfabética*. Cada uno de estos métodos tiene ventajas particulares. El segundo, con medios muy reducidos, puede seguir fácilmente todas las modificaciones de una lengua fonética y abstracta. El primero es completamente independiente de la fonética; es así que el chino puede ser leído por los japoneses cuyo lenguaje fonético es completamente diferente¹.

El lenguaje y la escritura, productos de la sociedad civilizada, a su turno actúan sobre esta para elevarla. Fácilmente se comprende que la vida de los hombres no diferiría esencialmente de la de los animales, si no existiese entre los hombres, de individuo a individuo, más completa comunicación de las experiencias y si cada individuo debiera siempre quedar limitado a su propia experiencia. El alivio parcial y material que la sociedad procura al individuo y el sostén intelectual que le pro-

¹ Actualmente, se vuelve a estudiar teóricamente los antiguos problemas filosóficos de la pasigrafía y de la lengua internacional, buscando una solución práctica, que constituiría uno de los más importantes progresos de la civilización.

porciona la comunicación con sus contemporáneos y sus antepasados, hacen posible la formación de ese producto de la vida social que se llama la *ciencia*.

El salvaje está en posesión de las experiencias más variadas. Conoce las plantas venenosas y comestibles, sigue las huellas de la caza, sabe salvarse de las bestias y de las serpientes venenosas. Sabe utilizar el fuego y el agua, sabe elegir las piedras y maderas para sus armas, aprende a fundir y a trabajar los metales. Aprende a contar y a calcular con sus dedos, a medir con la ayuda de sus manos y sus pies. Como un niño, mira la bóveda celeste, observa la rotación, conoce los movimientos propios del sol y de los planetas. Todas, o por lo menos la mayor parte de sus observaciones, son hechas accidentalmente para una *aplicación inmediatamente útil*, pero estas primitivas experiencias forman el germen de las distintas ciencias.

La ciencia no puede constituirse antes que el hombre haya ganado, gracias a la facilidad material de la vida, un poco de libertad y de ocio y que la inteligencia, frecuentemente puesta a contribución, esté bastante fortificada como para que la *observación en sí misma*, independientemente de sus aplicaciones, haya adquirido el interés necesario. Entonces se acumulan las observaciones de los contemporáneos y de los antepasados; se las ordena, se las verifica. Se suprimen los errores debidos a circunstancias fortuitas y se descubre el *vínculo* de las cosas sólidamente establecidas. Un caso notable ha mostrado ya lo que puede la escritura: en los siglos XVI y XVII, cuando Europa después de siglos de barbarie, renueva el hilo de la ciencia antigua, pudo rápidamente alcanzar y pasar a la antigüedad.

El estudio histórico de la formación de las ciencias por la colección y ordenamiento de las experiencias primitivas, ofrece mucha atracción. Algunas ramas de la

ciencia, por ejemplo, la mecánica² y la teoría del calor, son a este respecto particularmente instructivas, puesto que el desarrollo de la ciencia, partiendo del trabajo del obrero, se presenta en una forma particularmente nítida. Se ve ahí cómo la necesidad material, la necesidad *técnica*, que en los comienzos dirige la acción del hombre, poco a poco cede lugar al interés puramente *intelectual*: la técnica instintiva se transforma en una técnica científica consciente de su fin. Esta ya no es más limitada a experiencias fortuitas; puede, según un plan metódico, atacar la solución de sus problemas. Así, el pensamiento teórico y el pensamiento práctico, la experiencia científica y la experiencia técnica permanecen en constante contacto y se favorecen recíprocamente.

Como la Ciencia, el Arte es un producto accesorio que se desarrolla cuando las necesidades son satisfechas. Primero, se busca lo que es necesario, útil, apropiado al fin. Más tarde, se perfecciona el resultado obtenido. La trenza y el regular giro de su forma nos conduce al *ornato*; el ritmo, útil en ciertos casos, nos hace tomar gusto por la medida.

La prosperidad de toda civilización moral e intelectual un poco elevada sólo puede producirse en el caso en que una parte de la sociedad hace más fácil la vida de los otros ciudadanos. ¡Pueden los dos mil que dirigen reconocer claramente lo que deben al pueblo que trabaja! ¡Podrían los artistas y los sabios comprender que es una gran propiedad *común y adquirida en común* que ellos administran y aumentan para la *humanidad*!

La complicación y la diversidad de las influencias que nacen de la naturaleza de la sociedad, aseguran al hombre un conjunto de experiencias, de asociaciones y de intereses mucho más extensos de los que puede adquirir

² Mach ha analizado con rigor y acierto notable la evolución de la mecánica en su obra "La Mecánica", publicada en nuestra Colección. (N. del E.)

CIENCIA DESARROLLADA

cualquier animal. Es a ello que corresponde la cultura intelectual más elevada. Pero, comparamos entre sí los hombres de una misma clase social o de una misma profesión: naturalmente presentarán rasgos comunes correspondientes a la clase o a la profesión. Sin embargo, según la diferencia de lo que hayan recibido de sus antepasados y de lo que hayan aprendido por sí mismos, cada uno de estos hombres tendrá una *individualidad*

psíquica única que no se encontrará en los otros. La diferencia de las individualidades intelectuales aumentará mucho naturalmente si no nos limitamos a una clase y a una profesión. Imaginemos ahora que entre esas inteligencias tan diferentes se establezcan relaciones libres, imaginemos que estas inteligencias se estimulen recíprocamente y que entren unas con otras en contacto más íntimo en empresas que, como la ciencia, la técnica, el arte, etc., son obras comunes. Entonces podríamos estimar la enorme potencia intelectual de la humanidad, potencia casi inutilizada hasta ahora. Por la cooperación de muchas individualidades diferentes, la experiencia se enriquecería considerablemente y sus resultados se clasificarían sin que se embotara su agudeza y su vivacidad. Una enseñanza convenientemente organizada puede suplir en parte a este libre comercio, pero una organización demasiado estricta de la enseñanza y el establecimiento de barreras entre las clases podrán nuevamente echarlo a perder. ¡Cuidémonos de los cuadros rígidos demasiado fijos!

CAPÍTULO VI

LA EXUBERANCIA DE LAS IDEAS

El desarrollo de la vida intelectual ofrece inmediatas ventajas para la vida orgánica y especialmente para la vida vegetativa. Pero, si la vida intelectual toma sobre el camino de los sentidos un predominio demasiado acentuado, puede tener, llegado el caso, inconvenientes para la vida del organismo: el alma viene a ser parásita del cuerpo. Lo comprenderemos si reflexionamos que las asociaciones de ideas, sobre las cuales descansa la adaptación de los pensamientos a los hechos, dependen del azar, como se puede ver con ejemplos. Si circunstancias favorables han dirigido las ideas de tal manera que su curso sigue o se adelanta a los hechos, concluiremos en la *ciencia*. Pero las circunstancias desfavorables pueden dirigir la atención sobre cosas que no son esenciales y llevar a asociaciones de ideas que no corresponden a los hechos; entonces somos conducidos al *error*. Las ideas que controles repetidos siempre se han encontrado concordes con los hechos no pueden servir sino para regularizar la acción. Pero, si se admite sin pruebas que las asociaciones de ideas, fortuitamente nacidas en circunstancias particulares, corresponden a los hechos en forma general, se producen errores graves, y si se inspira en ellas para regular su actos, las peores consecuencias prácticas han de seguir.

Los niños golpean el retrato de una persona que no quieren y por las palabras que le dirigen, expresan su

cólera vivamente. Maltratan la imagen del animal carnívoro y buscan proteger contra ella a la imagen de su víctima. Los salvajes se comportan de la misma manera.

Esto nos hace comprender las bases psicológicas de la hechicería tan extendida entre la tribus salvajes. Esos pueblos buscan protegerse contra los hechiceros, quemándolos, y se sabe que esta vieja creencia de los pueblos salvajes se estableció muy fuertemente en Europa desde el siglo XIII bajo la autoridad de la iglesia. Se sabe cómo ella fué formalmente sancionada por la Bula del papa Inocencio VIII, en 1448, y cómo los procesos teológicos, reglados por el *Malleus Maleficarum*, sacrificaron durante los siglos XV, XVI y XVII, millares de personas de todas las edades, de todas las profesiones, de ambos sexos, y notablemente pobres mujeres viejas. Esta espantosa locura que duró varios siglos con sus terribles consecuencias, debe mantener a la Humanidad atenta para no dejar nunca proscribir leyes en nombre de una creencia cualquiera.

En general, las cosas que son contiguas para los sentidos se encuentran también ligadas en el espíritu. Pero como la asociación crea entre las ideas toda clase de vínculos accidentales, se expone a numerosos errores si se toma toda unión entre las imágenes como una unión entre las sensaciones.

La palabra es un centro de asociaciones donde se cruzan los hilos de múltiples pensamientos. Por ahí vienen a ser la fuente de una superstición extravagante y muy extendida: la superstición de la palabra. Cuando alguien pronuncia una palabra, se recuerda vivamente lo que esta palabra significa y todo lo que se vincula con ella. Cree verse el enemigo que teme y cuyo nombre se acaba de pronunciar. "Cuando se habla del lobo, se le ve la cola". No se quiere nombrar al diablo, ni pintarlo sobre la pared. "Dii, avertite omen", gritaban los romanos, cuando era pronunciada una palabra que designaba al-

guna cosa mala. Inversamente, un deseo que se expresa golpea más vivamente la conciencia y parece más próxima su realización. ¿Por qué algunos demonios, como el hombre en su estado natural suponen siempre y en todo que no cumplirán ellos también el deseo expresado?

El nombre de una persona es considerado por el salvaje como una parte de ella misma; oculta su nombre frente al enemigo para no darle ningún indicio sobre él mismo, ningún punto de partida para sus sortilegios. El nombre de los muertos y las palabras de la misma consonancia no deben ser pronunciadas: son "Tabú". Los mahometanos piensan que aquel que conociera el nombre sagrado y oculto de Dios, pronunciándolo podría cumplir los mayores milagros. Esta idea remonta al antiguo Egipto: la hábil diosa Isis triunfa del dios Ra arrancándole astutamente el secreto de su nombre.

El salvaje sabe que sus miembros obedecen a su voluntad y modifican a su antojo lo que lo rodea; pero se equivoca desconociendo el límite exacto trazado a su voluntad. Así, el domingo, vemos a los paisanos jugando a las bochas inclinarse maquinalmente hacia el lado donde debe rodar la bocha que han lanzado hace rato. Los errores que he indicado y aquellos de que hablaré más adelante, vienen sobre todo de que se olvida el límite que hemos llamado U.

Un hombre acostado duerme tranquilamente, luego se despierta. En el intervalo, ha soñado que viajaba por países lejanos donde su cuerpo realmente no ha estado nunca. Quizás en sueños ha encontrado a su padre muerto hace tiempo y conversado con él. Agreguemos el caso de pérdida de conocimiento, de muerte aparente. Entre los hombres ingenuos que, como los niños, no trazan un límite neto entre los sueños y el estado de vigilia, necesariamente se instala la idea de un segundo Yo misterioso que puede separarse del cuerpo del hombre y luego unírsele de nuevo: en el primer caso, el cuerpo está sin vida;

CULTURA
Y
MORAL

LA
PALABRA

en el segundo, de nuevo está animado. Así se forma la idea de un *alma* que lleva una vida independiente. Los hombres sueñan con una segunda vida después de la muerte y del reino de las sombras del que a menudo han oído hablar; se forman una idea siempre más rica y más variada.

No solamente todos los cuerpos de los hombres y de los animales, sino también todos los objetos tienen un alma o especie de *espíritu* que naturalmente se imagina por analogía. El salvaje comprende mejor que todos los demás, los acontecimientos que él produce alrededor suyo viéndolos como efectos de su *voluntad*. En todo lo que le sucede, agradable o desagradable, ve manifestaciones de un espíritu bien o mal dispuesto hacia él. Los fetiches son reunidos, venerados y cuidados, rociados con el agua-de-la-vida, si se muestran favorables, y también maltratados cuando se les reprocha una pretendida mala voluntad. ¡Nada hay que un fetiche no pueda hacer y lograr; pero es necesario que éste sea el fetiche bueno! Estamos bien dispuestos a creer por encima de esta concepción; sin embargo, existen entre nosotros hombres que llevan encima amuletos, lechoncitos, medallas, etc., y no lo hacen solamente por chuscos. Guardémonos de pensar que la concepción *científica* de la dependencia de los fenómenos naturales entre sí sea la misma que esa que hoy todavía es viva a nuestro alrededor.

Las ideas relativas a los espíritus y a una segunda vida, etcétera, son completamente inofensivas mientras sean puramente *teóricas*. Pero, si las ideas que son debidas a los sueños tienen consecuencias *prácticas*, si sin aportar a ningún hombre el menor provecho, impulsan a acciones que turban el bienestar y la vida de sus compañeros, si *lo que no se puede controlar* adquiere potencia suficiente para entrar en conflicto con *lo que se puede controlar*, se llega a los hechos más espantosos de la historia de la civilización.

Citemos los sacrificios humanos en los funerales para dar a los muertos, mujeres, servidores, en resumen, todas las comodidades. Estas costumbres, actualmente bastante extendidas todavía, en los tiempos antiguos eran aún más universales. Se conocen los funerales de Patroclo y el sacrificio de las viudas en la India. Ritos análogos bajo formas diversas, se extienden hasta épocas "muy civilizadas".

Cuando los muertos eran tan exigentes para las masacres, los espíritus de los demonios y de las divinidades, no podían ser más modestos. Se sabe que los sacrificios humanos ofrecidos a los dioses eran muy extendidos. Los antiguos salvajes o semicultos de todos los pueblos civilizados, hacían sacrificios humanos. La cosa es en parte relatada por la historia, en parte conocida por la leyenda (sacrificio de Isaac, sacrificio de Ifigenia). Ningún pueblo puede reprochar a su vecino.

Viejas leyendas crueles y la costumbre que cae en desuso de emparedar ataúdes vacíos, parecen mostrar que esta manera de actuar no fué extraña a nuestros mismos *antepasados*.

Así la imaginación humana, ociosa y exuberante, trabaja todavía con celo para aumentar, y en forma enorme, los males que sin ella el hombre tendrá naturalmente que soportar. Estos horrores no pertenecen exclusivamente a los grados inferiores de la civilización. La Europa de los tiempos modernos, ella también, asume una pesada parte. Pensemos solamente en que la Inquisición, después de haber durante siglos, causado la muerte cruel de millares de hombres y conducido a su pérdida a Estados y civilizaciones florecientes, no se vió forzada a detener su pavorosa actividad sino a fines del siglo XVIII. Es absolutamente indiferente a la víctima el ser enterrada viva en honor de los espíritus de la tierra, o quemada viva en holocausto a los espíritus del dogma, bajo los golpes de la superstición o del despotismo de Jerjes, de

las intrigas de los Magos o del espíritu dominador e intolerante de los sacerdotes modernos. Se ve que nuestra civilización está todavía bien cerca de la barbarie.

Giremos ahora nuestra mirada hacia imágenes menos entristecedoras. Las ideas que espontáneamente entran en juego, las asociaciones cambiantes de los pensamientos, independientemente de la dirección que le impriman los sentidos y sin ser forzados por la necesidad material, vuelan mucho más allá de este límite y elevan al hombre por encima del animal. La *poesía*, ante todo se eleva por encima del fardo jadeante de la vida de todos los días. Transportada sin crítica en el dominio práctico, a menudo puede traer malos frutos; sin embargo, es el comienzo del *desarrollo intelectual*. Si estos productos de la imaginación son comparados a la experiencia sensible, con el fin de aclarar esta última y hacerse rectificar por ella, conducen sucesivamente a las *ideas religiosas, filosóficas, científicas* (A. Comte). Consideremos pues esta imaginación poética, cuyo papel es el de completar y modificar todos los datos de la experiencia.

Los huesos de los grandes animales: rinocerontes, elefantes, etc., que se encuentran en la tierra, casi regularmente despiertan en los habitantes ingenuos de la comarca, la idea y la leyenda de un combate de gigantes que habría tenido lugar en ese punto. Una tromba de arena en el desierto, una tromba marina, para el observador ingenuo vienen a ser gigantescos demonios, los Djins de *Las Mil y una Noches*. La leyenda del Diluvio de la Biblia hebrea es imitación de una leyenda babilónica más vieja, como lo revelan muchos detalles conocidos. Si estas leyendas están tan expandidas, obedece a que en todas partes se han desarrollado en una forma casi necesaria. A grandes alturas se encuentran huevos y otros animales acuáticos fósiles: el ingenuo observador que no sabe nada de las elevaciones y hundimientos del suelo y a quien las consideraciones geológicas le son extrañas,

debe forzosamente pensar en una inundación que hubiera alcanzado una altura desacostumbrada. Igualmente, a menudo los volcanes son considerados como montañas calentadas por los espíritus y habitado por Titanes que lanzan fuego y piedras.

Si nos colocamos a la orilla del mar, éste parece como un disco plano y si se tiene un horizonte más extendido, la tierra aparece también como un disco que parece nadar sobre el mar. El todo está cubierto por la bóveda del cielo. Estas observaciones forman la base primera de la geografía y de la astronomía primitiva. Esta apreciación descansa sobre circunstancias *fisiológicas* como lo reconoce el observador colocado en una cima aislada o en un globo. Entonces cree encontrarse en una esfera hueca y pintada, cuya mitad inferior representa la tierra y la mitad superior, el cielo que parece avanzar con el globo o huir delante de él. Pero esta observación se hace demasiado raramente para tener alguna influencia en las ideas del pueblo. Para el hombre del pueblo, el mar y la tierra (físicamente) continúan siendo un disco y el cielo una bóveda. Y si este hombre, colocado en el lado opuesto del oeste, ve hundirse el sol en el agua, cree oírlo temblar. Realmente lo oye temblar si vincula a ese espectáculo un ruido fortuito.

El niño y los pueblos en estado primitivo no tienen ninguna ocasión de abandonar estas cándidas representaciones. El niño ve al sol subir y descender detrás de una colina y corre hacia ella para cogerlo. En realidad, encuentra que esta colina no era la buena, que detrás se dibuja una segunda y una tercera donde está el sol, pero sin embargo piensa que debe haber *una* que sea *la buena*. La idea de tomar al sol con una red no se presenta ante el niño como irrealizable. El cuento tan divulgado donde el héroe coge al sol nos permite conjeturar un grado de civilización primitiva, en la cual se podría con toda seriedad pensar en lo que ahora se nos aparece sólo

como una amable ocupación de la imaginación. No es sino poco a poco, con el progreso de la civilización, que tales relatos toman un ligero rasgo de humor y de ironía, hasta que finalmente son considerados como puras invenciones, sin otro fin que el de entretener.

Ya hemos dicho qué valor tienen como elevación poética, las vistas religiosas o mitológicas. Mientras el hombre espera la ayuda de los dioses o los demonios, soporta más fácilmente su miserable situación; teme al mal en medio de la dicha y a menudo esto puede amortiguar su orgullo en una forma saludable. Quien conoce las religiones nota que, en todos estos primitivos sistemas, las ideas especiales de vida después de la muerte no tienen nada que ver con las de recompensa o castigo, nada que ver con una justicia de represalia, y sobre todo, nada que ver con la moral.

La moral del hombre primitivo, muy diferente desde luego de la moral moderna, a causa de condiciones de vida desemejantes, pero no menos estricta que ésta, está ya prescrita en la opinión pública, que reconoce lo que es útil a la comunidad de lo que le es nocivo. La conducta del hombre primitivo se regula naturalmente según las relaciones *de la vida presente*. Ciertamente no es racional fundar la moral sobre bases cuya exactitud no puede controlarse. Condenar a una parte del pueblo a una permanente esclavitud, mientras que la otra parte se esfuerza por acaparar todos los bienes del mundo, he ahí una moral que cuenta con una justicia después de la muerte, que ofrece un consuelo muy serio y que es muy cómodo para los otros. Pero una moral es *más buena* si, como la moral china, más desarrollada, no se funda sino *sobre hechos reales*. La moral y el derecho pertenecen a la técnica social de la civilización y son tanto más elevadas cuanto el pensamiento vulgar es impulsado por la una y por el otro por el pensamiento científico.

Se afirma también con razón que muchas razas no

tienen *ninguna* noción religiosa o mitológica. Citemos como ejemplo el relato siguiente: "Los Arafuras de Vorky no tienen la menor religión, ni la menor idea de la inmortalidad del alma. Cuando me informaba, siempre ellos me respondían: "Nunca un Arafura ha vuelto a nosotros después de su muerte de modo que no sabemos nada de una vida futura. Hoy oímos hablar de eso por vez primera". Ellos tienen por profesión de fe: cuando tú has muerto, todo ha terminado para ti y nunca han reflexionado sobre la creación del mundo. Para convencerme de que no sabían realmente nada de un ser superior, les pregunte a quien imploraban socorro cuando se encontraban en apuros y su canoa estaba amenazada por una fuerte tempestad. Los más viejos tuvieron consejo con sus compañeros y luego respondieron: "No sabemos a quién podríamos pedir ayuda pero si tú lo sabes sé bastante bueno como para decírnoslo" (Lub-bocq). Estas palabras parecen dictadas por la ironía reflexiva de un espíritu libre colocando en su lugar las pretendidas vistas más elevadas del europeo, empeñado en hacer prosélitos. Pero todos estos relatos no deben ser aceptados sino con la mayor prudencia. Sabemos cuán general es entre los pueblos salvajes, la creencia en los espíritus y en los demonios y cuanto se inquietan por ellos. Si este relato fuese expresión de la verdad, habría que ver en él una rara excepción.

Religión, filosofía y concepción de la naturaleza son inseparables en los comienzos de la civilización. Allí donde, como en la antigua Grecia, *no existe casta de sacerdotes* que puedan defender enérgicamente sus intereses, una filosofía *libre* se desarrolla más fácilmente y rompe las barreras de las tradiciones religiosas y mitológicas. Pero esta filosofía es caprichosa y atrevida como lo vemos en los ensayos de los jónicos y los pitagóricos. ¿Y cómo podía ser de otro modo? Ante todo, era necesario adquirir una visión del mundo y la crítica no puede

ejercerse sino cuando varias concepciones que parecen de valor desigual, pueden ser comparadas unas con otras y puestas en contradicción o de acuerdo. Entonces, la Filosofía y la Ciencia no son sino *una*. Los primeros filósofos son al mismo tiempo astrónomos, geómetras, físicos, en resumen, sabios. Si, al lado de su intuición del mundo de dudoso valor, triunfan en fijar en forma que resiste mejor la crítica, imágenes de porciones más pequeñas de la naturaleza, estos resultados se acumulan, se les reconoce alcance más general y constituyen los comienzos de una *ciencia* particular. Piénsese en las ideas geométricas de Thales y de Pitágoras, en las observaciones de este último en acústica. Podemos caracterizar con el nombre de *mitología de la naturaleza* a esta ciencia inicial con sus elementos caprichosos. Luego, la mitología de la naturaleza, animística y demonológica, se resuelve poco a poco en una mitología de las sustancias y de las fuerzas, en una mitología mecánica y automática y, finalmente, en una mitología dinámica.

Comúnmente, estas diferentes concepciones se establecen unas al lado de las otras y se encuentra sus rasgos hasta en los tiempos modernos. Pensemos en las partículas luminosas de Newton, en los átomos de Demócrito y de Dalton, y en fin, en los iones y en los electrones de ahora. Es necesario que la crítica implacable anonade innumerables flores de la imaginación, antes que *una* de estas flores pueda desarrollarse más y llegar a un estado durable. Antes de *comprender* la naturaleza, es necesario *captarla* imaginariamente para dar a los conceptos un contenido intuitivo viviente. Y para esto, es preciso una imaginación tanto más viva cuanto el problema a resolver esté *más alejado* del interés biológico *inmediato*.

CAPÍTULO VII

VERDAD Y ERROR

Los seres vivos se ponen en equilibrio con las circunstancias exteriores, en parte por una adaptación innata (permanente), en parte por una adaptación adquirida (temporaria). La organización y la dirección habitual de la vida, que biológicamente son *necesarias* en ciertas circunstancias, pueden llegar a ser *desventajosas* en otras condiciones y hasta pueden llevar al ser vivo a la *muerte*. El pájaro está constituido para vivir en el aire, el pez para vivir en el agua, y la inversa no es verdadera. La rana traga los insectos que vuelan, así se nutre, pero será víctima de su habilidad si engulle un trozo de tela en movimiento y quedará enganchada al anzuelo que oculta. La mariposa comúnmente va hacia la luz y los objetos coloreados; y esta conducta que generalmente favorece la conservación de su vida, puede llevarla a veces a las flores pintadas de una alfombra incapaces de nutrir-la, o a la llama que la mata. Todo animal, tomado en una trampa o cogido por otra bestia, nos muestra los límites más allá de los cuales su organización psico-fisiológica no es ya suficientemente adaptada. Entre los animales cuya organización es más simple, la excitación y la reacción, por ejemplo, el ataque y la fuga, están ligados en una forma tan regular, que los hechos observados no nos impulsarían a pensar que una disposición del espíritu y una voluntad, estén intercalados entre los dos términos correspondientes, sensación y representación, si la analo-

gía no fuese tan grande con los fenómenos que hemos percibido en nosotros. Puede que la simple excitación sea demasiado *ambigua* para determinar el proceso de adaptación conveniente. Entonces únicamente interviene la sensación como elemento autónomo para provocar con los recuerdos y las representaciones, el estado del organismo que finalmente determina la acción hacia un objetivo consciente. A condiciones más complicadas de la vida, corresponde también un organismo más complicado, que le es adaptado y cuyas diferentes partes, adaptadas unas a otras, actúan mutuamente las unas sobre las otras. La conciencia consiste precisamente en una correlación especial de las partes (cerebro). No existe oposición entre representación y voluntad. Las dos son productos de los órganos. La primera, depende sobre todo de órganos simples, la segunda, de la *unión* de los órganos. Todos los fenómenos de la vida del individuo son reacciones que se efectúan para conservar su existencia y las modificaciones de la vida intelectual sólo son una parte. La persistencia de una especie viva muestra que las adaptaciones han triunfado en forma suficiente como para asegurar la existencia. En la vida física, como en la vida psíquica, igualmente se producen reacciones que no conducen a esta conservación y que deben considerarse como fracasos en lo que concierne a la adaptación. Puede observarse todos los días. Las reacciones físicas y psíquicas se regulan según el principio de verosimilitud. La reacción puede ser ventajosa o nociva; las *representaciones* particulares pueden ser biológicamente correctas o erróneas, pero los dos casos tienen en su base *los mismos* procesos físicos y psíquicos.

Consideremos algunos ejemplos. Ya cuando una excitación provoca una reacción inmediata, pueden resultar consecuencias nocivas. El corrompido olor de ciertas plantas atrae las moscas y las incita a depositar sus huevos,

y las larvas que no encuentran ningún alimento al nacer, perecen.

La atención es dirigida hacia lo que es biológicamente *importante* por una disposición innata o adquirida. Pero siempre puede producirse un encuentro fortuito de acontecimientos desfavorables y en consecuencia de asociaciones que inducen a error. Si la idea de Darwin es exacta, los insectos venenosos teniendo un mal gusto o pudiendo picar, presentando colores vivos y alegres, son evitados por los otros animales, y otros insectos inofensivos serán también evitados si, por sus colores, se parecen a los primeros (mimetismo). La imagen óptica de un cuerpo conocido cayendo sobre nuestra retina, vincula por asociación la representación de la impresión táctil y de las otras propiedades. Si tocamos un cuerpo en la oscuridad, su imagen óptica se dibuja ante nosotros. Es biológicamente importante que estas asociaciones se continúen bastante rápidamente y bastante vivamente para que sean casi semejantes a las ilusiones¹; pero, en los casos más raros, podemos ser llevados a error por los mismos procesos. La disposición o dirección general de los pensamientos toma aquí una influencia determinante considerable.

La fácil interpretación espacial de las perspectivas lineales, dibujadas en un plano, muestra mejor hasta dónde puede ir en el hombre y notablemente en el hombre civilizado, esta costumbre de la asociación psíquica que completa la sensación. Sin dificultad se ve el *relieve* de una escalera, de una máquina y formas cristalinas muy complicadas, aunque el dibujo lineal no lo indique sino escasamente. Según Powell, los indios al principio tienen alguna dificultad en interpretar estos dibujos lineales, pero muy pronto lo logran. No comprenden fá-

¹ Estas ilusiones consisten en tomar la representación sugerida por la sensación correspondiente misma, en lo cual ordinariamente no hay error.

cilmente qué significan las pinturas en colores, salvo cuando representan objetos que les son conocidos. Además, la capacidad del hombre a este respecto, varía mucho y se especializa. He conocido una dama anciana cuya imaginación era muy rica y que relataba perfectamente cuentos admirables, pero para quien un cuadro era tan incomprensible como para un idiota o un animal. A lo sumo sabía si lo que tenía delante era un paisaje o un retrato.

En los primeros ensayos de dibujos rudimentarios de nuestros niños, vemos que la asociación puede ser inexacta o turbada por otra asociación. En sus dibujos expresan aquello que recuerdan y que han visto una vez en una persona, sin inquietarse por saber si ello puede o no ser visto de una sola ojeada. Los indios, según K. von den Steinen, todavía practican ese sistema que ha sido empleado por los creadores de la pintura entre los antiguos egipcios. En esa respetable antigüedad, encontramos en los muros de los templos, rasgos de un arte muy desarrollado desde el punto de vista técnico y de una puerilidad *primitiva*.

El interés biológico atrae la atención sobre las asociaciones más *importantes*. Estas últimas tendrán así, aún sin desarrollo psíquico especial, una tendencia a convertirse en *permanentes* y a gobernar, instintivamente, las funciones de la vida más bien en el sentido de la conservación. Pero las consecuencias sensibles de asociaciones erróneas intervendrán a título *correctivo* y contribuirán a realizar un desarrollo psíquico más extendido. Se tenderá hacia el examen atento, consciente y voluntario de las *concordancias* y de las *diferencias* importantes en los distintos casos, en la separación neta de los caracteres exactos o erróneos. Aquí tocamos el comienzo de la adaptación de las ideas hechas a designio, el umbral de la *investigación científica*. Para decirlo en pocas palabras, además de la *permanencia* de la vida intelectual, la cien-

cia se esfuerza por obtener una *diferenciación* suficientemente flexible para la variedad de los fenómenos de la vida. El curso de las ideas debe adaptarse tan exactamente como sea posible a esos fenómenos, ya sean físicos o intelectuales; debe seguirlos muy exactamente y hasta avanzarlos. Debe modificarse tan poco como sea posible al pasar de un caso a otro, y sin embargo, debe aplicarse exactamente a los casos más diversos. El curso de las representaciones debe ser una imagen tan fiel como sea posible del curso de los fenómenos naturales.

Quien ha experimentado el disgusto de confundir un hongo venenoso con un hongo comestible, presta atención a las manchas rojas y blancas de la falsa oronja² considerándolas como la señal del veneno. Estas manchas resaltan entonces nítidamente en la imagen general del hongo. Así, aprendemos a considerar *separadamente* lo que hay de importante para la determinación de un fenómeno, que descomponemos en sus elementos o inversamente, que reconstruimos partiendo de sus elementos. Si un elemento del fenómeno nos parece más importante y si expresamos esto con el lenguaje, hacemos un *juicio*. También se puede tener un juicio interior *sin* expresarlo con el lenguaje, o *antes* de expresarlo.

El salvaje ingenioso que por primera vez protegió su calabaza del fuego recubriéndola con tierra, se encuentra bien en este caso. Juzgó: "la calabaza arde", "la tierra no"; "la calabaza recubierta de tierra no arderá". Sin hablar, pueden acumularse observaciones simples, experiencias, hacer inventos, formar juicios. Esto se observa muy bien en los perros inteligentes y en los niños que todavía no hablan. La expresión de un juicio mediante el lenguaje presenta siempre importantes ventajas. Quien habla está obligado a descomponer, para comunicarlo, cada acontecimiento en elementos *generalmente* conoci-

² Con este nombre —ciertamente un galicismo— se designa vulgarmente a ciertos hongos del género amanita. (N. del T.)

dos y nombrados, ganando así bastante en claridad. En seguida, su atención debe dirigirse hacia los detalles; debe *hacer abstracciones* y forzar otras. Si digo: la piedra es redonda, separo la forma de la materia. En el juicio, la piedra sirve de herramienta, el uso es distinguido del objeto. La proposición "la hoja es verde" opone el color a la forma. La vida intelectual gana mucho, en un sentido, con la expresión, con la palabra; pero por otro, es limitada por formas convencionales, fortuitas. Si digo: el listón de madera navega sobre el agua o el agua lleva al listón de madera, en mi pensamiento esto no produce ninguna diferencia; psicológicamente es la misma cosa. Pero, en la frase expresada, el papel del sujeto pasa de la madera al agua. Los juicios: todas las A son B y algunas A son B, pueden psicológicamente ser considerados como una suma de *numerosas* operaciones de juicio. Puesto que la lógica debe servirse del lenguaje, debe contentarse con formas gramaticales que el desarrollo histórico ha producido y que no son exactamente paralelas a los procesos psíquicos. No buscamos aquí explicar hasta qué punto una lógica, que emplease un lenguaje artificial, construido por ella misma, podría franquear ese inconveniente y considerar más aproximadamente los procesos psicológicos.

Todos los juicios no descansan sobre una observación o sobre una intuición sensible tan simple como los juicios intuitivos: una piedra que no se sostiene cae al suelo; el agua es líquida; la sal se disuelve en el agua; la madera se deja quemar en el aire. Una experiencia más extendida muestra que, por ejemplo, en el último caso, las condiciones de la inflamación de la madera son bastante más complicadas. No es en cualquier aire que la madera arde; el aire debe contener una cantidad suficiente de *oxígeno* y la madera debe alcanzar cierta *temperatura*. Un simple vistazo no permite reconocer el oxígeno o determinar la temperatura. Las palabras correspondientes

no evocan ninguna representación intuitiva simple. Nos es necesario pensar en la forma en que el oxígeno se comporta química y físicamente, en todas las experiencias y observaciones que hayamos hecho con él, en todos los juicios que hemos formado entonces, para representarnos correctamente en el espíritu la condición "presencia del oxígeno". El oxígeno es un *concepto* cuyo contenido íntegro no puede ser dado por *una* representación intuitiva, pero no queda agotado sino por la *definición*, donde se sintetiza una suma de experiencias.

Sucede lo mismo con los conceptos de temperatura, de trabajo mecánico, de cantidad de calor, de corriente eléctrica, de magnetismo, etc. Ocupándonos más profundamente de la ciencia a la cual pertenece un concepto y de las experiencias con los cuales se vincula, adquirimos una práctica especial, y cuando empleamos la palabra que designa e incorpora al concepto, evocamos como un débil eco, las experiencias que se relacionan con él sin que nos los representemos neta y explícitamente.

Es una ciencia *potencial* que está contenida en el concepto (S. Stricker). Por el uso frecuente de una palabra abstracta, adquirimos un sentimiento más seguro y más fino, que nos hace conocer en qué sentido y entre cuáles límites podemos aplicar esta palabra al concepto correspondiente. Los hombres, a quienes un concepto es menos familiar, por el uso de una palabra abstracta pueden tener una representación intuitiva, que *representa* al concepto y hace sensible un aspecto importante y saliente; así, para el vulgo, la palabra oxígeno le hace fácilmente pensar en un fósforo que tiene un punto, incandescente y que se inflama; la palabra temperatura, en un termómetro; la palabra trabajo, en un peso que se levanta, etc. Jerusalén ha designado en forma admirable estas representaciones con el nombre de representaciones *típicas*.

Si encontramos que un juicio que nosotros mismos hemos tenido o que nos es comunicado, corresponde en

forma exacta al hecho físico o psíquico al cual se vincula, decimos que es verdadero y vemos en él, notablemente cuando es nuevo e importante para nosotros, *una verdad o un conocimiento verdadero*. Un conocimiento verdadero es siempre un hecho psíquico que nos conduce a un resultado biológico inmediato o únicamente mediato. Pero si el juicio no se verifica, lo llamamos *error*, y en el caso más grave de un engaño voluntario, lo llamamos *mentira* ⁽³⁾. La *misma* organización psíquica tan útil, gracias a la cual, por ejemplo, reconocemos rápidamente una avispa, en otras circunstancias puede hacer que equivocadamente tomemos por una avispa a un lignívoro que se le parezca.

La simple observación sensible puede conducir a la verdad y también al error, cuando olvidamos *diferencias* importantes o desconocemos importantes *concordancias*, por ejemplo, si tomamos por una mosca a una avispa de aspecto descolorido, a pesar de la forma característica de su cuerpo. Una equivocación análoga expone al hombre más fácilmente al error en el pensamiento abstracto, y notablemente a quien no está familiarizado con las abstracciones y se contenta con representaciones típicas, sin efectuar el análisis exacto y reflexivo de los conceptos empleados. *Verdad y error tienen los mismos orígenes psíquicos; únicamente el éxito permite separar uno del otro. Un error claramente reconocido es para la ciencia, a título correctivo, tan precioso como una verdad.*

Los juicios erróneos, basados en la observación, pro-

³ No puedo familiarizarme con la idea de que el acto de creer sea un acto psíquico especial, que esté en la base del juicio y forme su esencia. Un juicio no es una cuestión de fe sino una simple constatación de hechos. Fe, duda, incredulidad, descansan más bien sobre juicios concernientes a la concordancia o no concordancia de complejos de juicios a veces muy complicados. El acto de rechazar los juicios que no pueden aceptarse a menudo va acompañado con una fuerte emoción que provoca exclamaciones involuntarias.

vienen de la insuficiente atención prestada a las condiciones de observación. Todo hecho simple subsiste como tal, sea hecho físico o psíquico, sea una mezcla de lo físico y lo psíquico. El error sólo se introduce cuando creemos a ese hecho constituido por circunstancias *diferentes* de aquellas que realmente existen, cuando no tenemos en cuenta las modificaciones de las condiciones físicas o de las condiciones psíquicas, o de estas dos clases de condiciones a la vez. Sobre todo debemos tener presente el límite U, cuando las dependencias que son exteriores a U, las que son interiores a U y las que franquean ese límite, ofrecen diferencias esenciales.

La confusión de una alucinación pura con una sensación es un ejemplo; pero esto se presenta muy raramente en el estado de vigilia. Al contrario, todos los días, confundimos o separamos en forma insuficiente las *sensaciones* y las *representaciones* que ellas evocan por asociación. El ejemplo más simple es el de tomar por un cuerpo real una imagen producida por un espejo. Diariamente lo podemos observar en los pájaros y otros animales. Los monos buscan detrás del espejo y de conformidad a su desarrollo psíquico más elevado, revelan el despecho que les provoca esta molestia. Tales equivocaciones se producen fácilmente sobre todo cuando la sensación disminuye de intensidad, por ejemplo, cuando la luz es débil y por lo mismo, la imaginación es fuertemente excitada. Estos casos, donde la sensación es dominada por una ilusión, pueden hasta provocar inconvenientes en la investigación científica. Ya hemos estudiado el papel que juegan los *fantasmas del sueño* que el pensamiento popular transporta a la realidad. Recuérdase, siendo niño haberse despertado llorando por un hermoso juguete que todavía se tenía en las manos y ya no está más. Los pueblos jóvenes se comportan como los niños; de ahí la importancia atribuida por ellos a los sueños, que los consideran como teniendo una influencia

sobre la vida real y el cuidado constante que ponen en interpretarlos.

Como ejemplo interesante de las ideas que se pueden tener sobre la física, quiero relatar aquí la opinión de un jefe indio, según Powell. Una tropa de blancos y de indios se entretenían, después del trabajo diario, en echar piedras por encima de una profunda garganta en cuya vecindad la tropa había hecho alto. Ninguno de los que tomaban parte en este juego logró triunfar, todas las piedras caían al fondo de la garganta; únicamente el jefe Chuar pudo alcanzar la pared rocosa del otro lado del abismo. La conversación giró hacia ese sorprendente fenómeno y Chuar opinó: si la garganta hubiese estado colmada, la piedra sería arrojada con facilidad, pero el espacio vacío atrae fuertemente a la piedra hacia abajo. En presencia de la incredulidad que manifestaban los europeos y los americanos acerca de la exactitud de esa concepción, Chuar respondió con la pregunta; ¿es qué vosotros no sentís que el abismo os atrae a tal punto que estáis obligado a inclinaros hacia el otro lado para no caer? ¿No sentís cuando trepáis un árbol que la ascensión es tanto más difícil cuanto más arriba habéis llegado y que hay más espacio vacío debajo vuestro? A nosotros, hombres modernos, "esta física del salvaje" nos parece equivocada en más de un aspecto. Ante todo, Chuar considera su sentimiento *subjetivo* de vértigo como una fuerza *física* que atrae todos los cuerpos hacia el abismo. Chuar para quien el "abajo" es una dirección absoluta, no se inquieta naturalmente de que ese gran abismo que está *encima* nuestro no sea también activo; ciertamente nosotros no podemos exigirle que en esta senda sepa más que los Padres de la Iglesia, que Lactancio y San Agustín. Luego, Chuar atribuye fuerzas al espacio vacío: esto habría hecho vibrar a Descartes y sus contemporáneos. Después de Fresnel, Faraday, Maxwell y Hertz, tal cosa no puede producir en nosotros la admiración

despertada entre los compañeros civilizados de Chuar.

Ante todo, el físico moderno dudará de que exista ahí un hecho físico real que requiera una explicación; probará por medidas que no se arroja más lejos por encima de la garganta que en sus alrededores, pero que *fisiológicamente* se estima por debajo de su valor al ancho de la garganta. Una balanza equilibrada, donde un platillo, sostenido por un largo brazo del fulcro se encontrase encima del abismo, quedará en equilibrio, o hasta, si ella fuese suficientemente sensible, el platillo suspendido encima del abismo, se elevaría un poco.

Nosotros no tomamos por fuerzas físicas nuestras *sensaciones* y nuestros *sentimientos* subjetivos. Es en eso que somos superiores al jefe indio. Pero, para no enorgullecernos demasiado, reflexionemos solamente en que todavía consideramos siempre como *realidades físicas* a nuestros *conceptos subjetivos*, como lo ha mostrado Stallo y lo he probado también yo. Hablaremos en otro lugar de los errores que por ahí se introducen en la investigación.

Precaviéndonos del error podemos sacar provecho descubriendo los motivos que conducen a él. Estos motivos se revelan nítidamente y sin confusión en los casos de error *voluntario* consciente. No hablaremos aquí más de los capciosos razonamientos de los sofistas que falsean el pensamiento abstracto. Pero no sólo existen sofistas de las palabras, también hay sofistas de hechos que falsean, por una pseudoacción, la *observación* que atrae nuestra mirada. Hay un provecho muy grande en analizar los procedimientos con ayuda de los cuales los escamoteadores y los prestigitadores engañan y sorprenden al público por medios muy simples. Un procedimiento muy grosero consiste en hacer admitir por el espectador una identidad que no existe. Por ejemplo, se pide prestado un reloj que se coloca en un mortero. Se cubre el mortero y luego se lo coloca sobre una mesa, mientras que con un artifi-

cio cualquiera se distrae la atención del público. Aprovechándose de ello, un ayudante oculto toma el reloj sin ser visto y lo reemplaza por otro sin valor. Se rompe el falso reloj y mientras se nos presentan sus restos, se efectúa una acción cualquiera orientada a desviar la atención, gracias a lo cual se puede hacer aparecer intacto al reloj original en un punto donde nadie pensaba.

Houdin ha dado indicaciones sobre la manera de efectuar movimientos aparentes que hacen creer, por ejemplo, que se ha colocado un cuerpo en un lugar dado lo que no es cierto; muestra cómo, con la mano abierta y los dedos extendidos, se pueden tener pequeños cuerpos sin que sean notados. El escamoteador emplea *señales* muy finas, que son invisibles para los profanos y sólo pueden guiarlo a él. Las cartas de una banda de jugadores tramposos fueron captadas. Houdin fué encargado de examinarlas. A pesar de sus pacientes investigaciones no pudo descubrir ninguna seña sobre el dorso completamente blanco y liso de las cartas. Cuando finalmente, fatigado y descorazonado, abandonaba el naípe, percibió en el dorso brillante de una carta una pequeña mancha mate. Un examen más atento le mostró entonces que *todas* esas cartas presentaban en uno de sus ángulos una mancha análoga, formando por así decir una tabla a doble entrada: así, el jugador tenía un *conocimiento completo* de las cartas de su adversario sin que éste pudiese entrar en dudas. La aplicación de medios singulares, aunque sean muy simples, en los cuales nadie piense, asegurará casi siempre el éxito al escamoteador.

Otra historia interesante, relatada por Decremps, merece ser mencionada. Un hombre estaba delante del jurado bajo la acusación de haber arrojado un niño a un río y haberlo ahogado. No menos de cincuenta y dos testigos tenía en su contra. Unos lo habían visto arrojar al niño al río; otros habían oído gritar al niño; otros, habían visto al hombre castigar despiadadamente a ese niño, etc.

El hombre se defendía diciendo que nadie se había quejado de haber perdido un niño y que no se había encontrado ningún cadáver. Naturalmente, el tribunal se encontraba perplejo. Entonces, el acusado solicitó que se hiciera entrar uno de sus amigos, lo que le fué acordado. El amigo apareció con un grueso paquete de donde sacó una cuna y un niño. El acusado acarició tiernamente al niño que inmediatamente se puso a llorar. "No, pobre gusanito, no quedarás en el mundo solo y sin sostén", dijo el prevenido que en seguida sacó un sable del paquete. Luego, gritando: "¡Ahora, vas a seguir a tu hermano!" cortó la cabeza del niño antes que nadie pudiera impedirselo. En vez de la sangre que esperaba verse, se vió y oyó caer sobre el suelo una cabeza de madera; entonces el hombre declaró que era escamoteador y ventrílocuo y que había recurrido a ese medio para poder vivir de su arte y adquirir la popularidad necesaria.

Verdadera o falsa, en cualquier caso, esta historia es muy instructiva. Cualquier cosa puede ser *muy verosímil* y, sin embargo *no ser verdad*. ¿Es que los testigos no ven todo, cuando una vez, ellos *creen* que tal o cual es un asesino o un ladrón? ¿Y qué no afirman testigos *prevenidos*? Pero, ¿para qué pueden servir las historias, cuando los asesinatos legales, que se notan todos los años, nos muestran con qué facilidad se condena a los hombres desde que se los *considera* como culpables? ¡Como si no sería mucho más importante no condenar a *ningún* inocente, antes que castigar a *todos* los culpables! La justicia del crimen debe servir para proteger a los hombres, pero de tiempo en tiempo, se comporta un poco, frente a ellos, como el oso de la fábula, donde la piedra mata una mosca sobre la frente de su protector dormido.

De la observación de los escamoteadores podemos sacar instructivas enseñanzas para nuestra conducta en la investigación científica. En realidad, todos los fenómenos naturales son extremadamente complicados. Al margen

de las circunstancias sobre las cuales nuestra atención es dirigida precisamente, existen una multitud de otras circunstancias que, también ellas, contribuyen a determinar el fenómeno y que ocultándonos la relación en la cual nos interesamos, complican y *falsean* aparentemente el fenómeno que observamos. En consecuencia, el sabio no debe dejar, sin examinar, ninguna *circunstancia accesoria* que interviene sin su voluntad y debe estudiar todas las *causas de error*.

Debemos cuidarnos muy especialmente aceptarlas como *identidades*, sin previamente convencernos que realmente existen como tales. Un químico encuentra una nueva reacción de una sustancia, pero la sustancia es quizás preparada con la ayuda de un nuevo procedimiento, puede no ser pura, quizás no sea enteramente la sustancia sobre la cual se creía operar.

En fin, siempre debemos tener presente en el espíritu que la mayor *verosimilitud* no es nunca una *verdad establecida*.

Quiero terminar estas explicaciones con el relato de un pequeño acontecimiento que para mí fué extraordinariamente instructivo. Un domingo, después de medio día, mi padre nos mostraba la experiencia que Atanasio Kircher describe como *Experimentum mirabile de imaginatione gallinae*, con un pequeño cambio. A pesar de su resistencia, un pollo fué colocado sobre el suelo y mantenido allí durante medio minuto. Se calma; con tiza se trazó una marca en el lomo del pollo y en el suelo a su alrededor. Después de eso, el pollo dejado libre permaneció inmóvil. Fué necesario emplear medios bastante enérgicos para hacerlo saltar y huir, "pues se imaginaba que estaba atado". Mucho más tarde, hablando sobre la hipnosis con mi compañero de laboratorio, el profesor Kessel, volví a pensar en la experiencia de Kircher. Habiendo hecho traer un pollo, repetimos la experiencia con el mayor éxito, pero triunfamos igual-

mente cuando la repetimos manteniendo simplemente al pollo contra el suelo y dejamos de lado la hechicería del trazo de tiza. Desde entonces, no he creído más en la *imaginatio gallinae*.

Conviene pues, no considerar una sola experiencia o una sola observación como probatoria de la exactitud de una idea que parece confirmar. Se trate de una experiencia personal o de una experiencia realizada primeramente por un extraño, debemos hacer variar tanto como sea posible, las circunstancias que consideramos como decisivas y también aquellas que nos parecen indiferentes. En óptica, Newton ha empleado este método en una forma ejemplar y fecunda, y por ahí ha fundado la física experimental, como por sus Principios de filosofía natural, ha venido a ser el creador de la física matemática. Una y otra, éstas dos obras no pueden ser excedidas ni reemplazadas como medios de educación para la investigación científica.

Es necesario retener que *son las mismas funciones psíquicas, funcionando según las mismas reglas, quienes nos conducen tanto a la verdad como al error*, y que únicamente, la verificación cuidadosa y realizada en todos los sentidos puede precavernos del error.

CAPÍTULO VIII

EL CONCEPTO

Examinemos ahora de más cerca al concepto como formación psicológica. Si alguien constata que no puede representarse a un hombre que no sea ni joven, ni viejo, ni grande, ni pequeño, abreviemos, un hombre en general; si alguien considera que todo triángulo que se representa tiene forzosamente, sea un ángulo recto, sea un ángulo obtuso, o tres ángulos agudos, y que en consecuencia, no es un triángulo general, fácilmente llegará a pensar que estas formaciones psíquicas que llamamos conceptos, no existen, que no hay sino absolutamente representaciones abstractas.

Que los conceptos generales no son puras palabras, resulta netamente de que las proposiciones muy abstractas son comprendidas y son correctamente aplicadas en los casos concretos. Las innumerables aplicaciones del principio: "la energía permanece constante", pueden proporcionar un ejemplo. Pero en vano se esforzaría, cuando se enuncia o se oye enunciar esta proposición, encontrar en la conciencia un contenido representativo, intuitivo, concreto, actual, que *agote* completamente el sentido. Estas dificultades se desvanecen, si tenemos en cuenta esta circunstancia; que el concepto no es una *formación* instantánea, como una representación sensible, simple y concreta y si reflexionamos que cada abstracción tiene su historia, que su formación psicológica a menudo es muy larga.

Puede admitirse que una liebre está muy pronto en posesión de la representación típica de una col, de un hombre, de un perro o de un buey, que es atraída por la col, huye del hombre y del perro y que el buey la deja indiferente, como consecuencia de las asociaciones inmediatas que se relacionan con las percepciones en cuestión o con las representaciones típicas correspondientes. Pero a medida que la experiencia de la liebre se enriquece, las reacciones *comunes* a los objetos de *uno* de estos tipos, le son mejor conocidas, reacciones que no pueden, *todas al mismo tiempo*, vivificarse en su conciencia. Si el animal es atraído por un objeto que se parece a una col, desplegará inmediatamente una actividad de explorador y se convencerá olfateándola y royéndola que el objeto presenta efectivamente las reacciones esperadas: olor, sabor, consistencia, etc. Asustada primeramente por un espantajo parecido a un hombre, el animal, que observa atentamente las cosas, bien pronto sea percibe que carece de importantes reacciones del tipo hombre: el movimiento, el desplazamiento, la actitud agresiva. Aquí ya se unen en forma inmediata, *latente o potencial*, a la representación típica, los recuerdos almacenados poco a poco en una multitud de experiencias o de reacciones que sólo pueden llegar progresivamente a la conciencia.

He ahí donde me parece que reside la característica del concepto, en oposición con una representación instantánea individual. Esta representación se enriquece con las asociaciones y se desarrolla lenta y progresivamente para llegar a ser el concepto, de manera de presentarnos un pasaje continuo de la representación más elemental al concepto. Según esto, creo que no se puede poner en duda en los animales superiores la formación de conceptos rudimentarios.

El hombre forma sus conceptos en la misma forma que el animal; pero está potentemente sostenido por el len-

guaje y por las relaciones con sus compañeros, dos medios que al animal le ofrecen muy poco recurso. En la *palabra*, el hombre posee un rótulo del concepto que generalmente puede ser captado en forma sensible, aun cuando la representación típica sea insuficiente o no exista. Además, una *palabra* no corresponde siempre a una sola idea. Los niños y los pueblos jóvenes que no tienen a su disposición sino una provisión de palabras muy restringida, emplean una palabra para designar una cosa o un fenómeno, luego, en la ocasión siguiente, emplean la misma palabra para designar cualquier otra cosa o cualquier otro fenómeno que ofrece con el primero alguna *similitud de reacción*. Por ahí viene a ser engañoso y cambiante el significado de las palabras. Pero la mayoría que la lleva no presta atención sino a un *pequeño* número de reacciones *biológicamente importantes* y por ahí, el empleo de las palabras se torna estable. Entonces cada palabra sirve para designar una *sola clase* de objetos (cosas o fenómenos) que presentan una reacción determinada. La variedad de las reacciones *biológicamente importantes* es mucho *menor* que la variedad de lo que realmente existe. En esa forma, el hombre primeramente fué llevado a *clasificar* los hechos *en sus conceptos*. El mismo procedimiento se reproduce cuando en una profesión, se consideran hechos que no ofrecen interés biológico inmediato. Ahí también, la variedad de las reacciones *importantes* para el fin especial de la profesión es menor que la variedad de los hechos. Pero ahora, las reacciones son *distintas* que en el primer caso. Es por eso que cada estado o profesión tiene su clasificación particular abstracta. El obrero, el médico, el jurisconsulto, el ingeniero, el sabio, cada uno por su lado, forman sus propios conceptos; dan a las palabras, por una delimitación o definición, una significación más estrecha, distinta de aquella que tienen en el lenguaje vulgar; o hasta eligen palabras nuevas para designar ciertos conceptos. Estas palabras

abstractas, científicas, tienen el papel de recordar el vínculo de todas las reacciones del objeto designadas en su definición y atraer estos recuerdos en la conciencia como al extremo de un hilo. Piénsese en la definición del hidrógeno, de la cantidad de movimiento de un sistema mecánico o del potencial en un punto. Cada definición puede contener nuevos conceptos, de tal manera que, solos, los últimos conceptos, *fundamentos* de esta construcción abstracta no pueden conducir a las reacciones sensibles de las cuales son los signos. La rapidez, la facilidad, con que se triunfa en tal reducción, dependen del conocimiento exacto y del *hábito* que se tiene del concepto. Es necesario pensar en la forma en que los conceptos se han construido, decirse que años y siglos han trabajado en su formación y ya no se admirará de que su contenido no puede tenerse con una representación individual en un instante.

En la definición intervienen las reacciones que son suficientes para la determinación del concepto. No hay necesidad de introducir en la definición otras reacciones que se sabe están corrientemente ligadas invariablemente a aquellas que están contenidas. Introduciéndolas no se haría más que embrollar la definición con cosas superfluas.

Puede, además, suceder que encontrando otras reacciones de este género, se haga un descubrimiento. Si las nuevas reacciones determinan por sí solas al concepto, a su turno pueden servir de definición. Definimos el círculo como la curva plana donde todos los puntos están a igual distancia de un punto dado. No agregamos otras propiedades del círculo, por ejemplo, la igualdad de todos los ángulos inscritos en un arco dado, etc. Pero cada una de esas propiedades, ellas solas, pueden definir el círculo en una forma bien completa.

El mismo hecho o el mismo grupo de hechos, según las circunstancias, puede atraer el interés y la atención

hacia diversas reacciones, hacia diversos conceptos. Un círculo puede ser considerado como sección de un haz de rectas, como curva de curvatura constante; un hilo circular, como curva de igual tensión, como límite de una superficie que encierra, etc. En un trozo de hierro podemos ver un conjunto de impresiones sensibles, un peso, una masa, un conductor del calor o de la electricidad, un imán, un cuerpo sólido, un cuerpo químicamente simple, etc.

Cada profesión tiene sus conceptos que le son propios. El músico lee su partitura, como el juez sus leyes, el farmacéutico sus órdenes, el cocinero su libro de cocina, el matemático o el físico sus tratados. Lo que para el profano sólo es una palabra o un signo hueco, para el especialista tiene un sentido completamente determinado, para él contiene la indicación de manifestaciones muy exactamente definidas de actividad psíquica o física. Pero aquí es indispensable que verdaderamente sea del oficio. La lectura sola forma tan poco al especialista como la simple audición de una lección, aunque sea excelente. Ella no fuerza a verificar la exactitud de los conceptos recibidos, mientras que en el laboratorio, el contacto directo con los hechos y los errores sensibles, que son cometidos, controlan inmediatamente esta exactitud.

Los conceptos, fundados sobre hechos incompleta y superficialmente conocidos de oídas, se parecen a las construcciones carcomidas que se derrumban con la primer tormenta. No contienen en potencia sino imágenes individuales mal definidas y sin relieve que muy fácilmente conducen al error: luego, es preciso evitar en la enseñanza las abstracciones prematuras.

La naturaleza del concepto se muestra con mayor nitidez solamente a quien comienza a dominar una ciencia. Este no ha asimilado en forma instintiva el conocimiento de los hechos fundamentales sino que los ha observado atentamente, cuidadosamente y con intención. A menudo

ha pasado de los hechos a los conceptos inversamente y ha conservado de este pasaje un recuerdo muy vivo, de manera que a cada instante puede rehacerlo y detenerse en cada uno de sus puntos.

No sucede lo mismo con los conceptos menos bien definidos, que son designados con palabras del lenguaje vulgar. Ahí, todo es hecho instintivamente, sin que hayamos cooperado voluntariamente, tanto en el conocimiento de los hechos como en la limitación del sentido de las palabras. Mediante un ejercicio repetido, llegamos a hablar, entender y comprender una lengua tan corrientemente que todo ello se sucede casi automáticamente. No nos detenemos más a analizar el significado de las palabras. Nada más sorprendente entonces que alguien a quien de improviso se le pregunta qué encuentra en su conciencia a propósito de una palabra y especialmente de una palabra de significado abstracto, responda a menudo: "Nada más que la palabra". Pero, si una frase viene a despertar la duda o la contradicción, en seguida sacamos del fondo de nuestros recuerdos la ciencia potencial adherida a las palabras. Se aprende a hablar y a comprender una lengua como se aprende a caminar. Los diferentes elementos de una actividad, que se nos ha hecho familiar, se borran para nuestra conciencia.

▷ Estudiemos de más cerca el procedimiento de la *abstracción* por el cual se forman los conceptos. Las cosas (cuerpos) son para nosotros complejos relativamente estables de sensaciones unidas entre sí, dependiendo unas de otras. Pero todos los elementos de este conjunto no tienen igual importancia biológica.

Por ejemplo, un pájaro se alimenta de bayas rojas y azucaradas. La sensación azucarada es para él biológicamente importante y su organismo tiene para esa sensación una disposición *innata*. Este mismo organismo *asocia* poco a poco el carácter rojo, que es sorprendente, y se descubre desde lejos. En otros términos, el organismo

presenta frente a los dos elementos, azucarado y rojo, una reacción mucho más sensible. Preferentemente su atención será dirigida hacia esos elementos, pero al contrario, despreciará otros elementos del conjunto baya.

El procedimiento de la *abstracción* consiste esencialmente en la división de la atención y del interés. Por este procedimiento, todos los caracteres sensitivos del complejo sensible baya, no están expresados con igual intensidad en la imagen de la baya que conserva la *memoria* y por ahí ya esta imagen se aproxima a un concepto.

Imaginemos que las clases de bayas, que crecen en una comarca sean más numerosas y más difíciles de distinguir; las imágenes mnemónicas *directrices* deberán entonces presentar los caracteres más numerosos y más variados. Sólo la necesidad ha podido enseñar al hombre primitivo las reacciones de prueba particulares a aplicar con un fin determinado, los criterios a retener para distinguir los objetos utilizables de aquellos que no lo son, si el simple examen con los sentidos no es suficiente. Particularmente, es el caso desde que en lugar de los fines biológicos inmediatos, simples y poco numerosos como la preparación del alimento, etc., intervienen fines técnicos y científicos, mucho más numerosos y más variados. Vemos aquí desarrollarse la abstracción desde su rudimento más simple hasta su grado más elevado y, en el curso de este desarrollo, todo grado superior descansa sobre el grado inferior.

En el más alto grado del desarrollo, el *concepto* es el conocimiento de las reacciones que se debe aguardar de la clase designada de objetos (hechos), conocimiento asociado a la palabra o al término. Pero estas reacciones no pueden entrar en juego como representaciones intuitivas, sino una después de otra y poco a poco, así como las formas físicas y psíquicas frecuentemente complicadas de la actividad que las despiertan.

Puede reconocerse un fruto comestible por el color,

el perfume, el gusto. Pero para establecer que la ballena y el delfín pertenecen a la clase de los mamíferos, no es suficiente un simple vistazo; es necesario para ello un estudio anatómico más profundo. Una mirada puede a menudo determinar en nosotros el valor biológico de un objeto; pero es necesario una forma de actividad más complicada para reconocer si un sistema mecánico representa un caso de equilibrio o de movimiento. Es necesario medir todas las fuerzas y todos los pequeños desplazamientos correspondientes compatibles entre sí y contados en el sentido de las fuerzas. Es necesario multiplicar el valor de cada fuerza por el valor del desplazamiento correspondiente, sumar esos productos y tener en cuenta el signo de los productos en esta suma que representa el *trabajo*. Si es nula o negativa, se tiene un caso de equilibrio; si es positiva, un caso de movimiento. Sin duda el desarrollo del concepto de trabajo tiene una larga historia que comienza con los casos más simples (palanca, etc.) y que parte de esta observación sorprendente, que no solamente el peso sino también la magnitud de los desplazamientos, tienen influencia sobre el fenómeno. Aquel que sabe que para el caso de equilibrio estático encuentra una suma nula y para el caso de movimiento una suma positiva, *posee* el concepto de *trabajo* y gracias a él, puede distinguir el caso de equilibrio del de movimiento. Es así como puede ser presentado cualquier concepto físico o químico. Si durante un ensayo que se realiza, el objeto da la reacción esperada, corresponde al concepto. Según las circunstancias, el ensayo puede reducirse a una simple ojeada o consistir en una operación de una técnica complicada y la reacción que sigue puede ser una simple sensación o un proceso bastante largo.

Al concepto falta por dos razones la intuición inmediata. Ante todo, abraza toda una clase de objetos (hechos) cuyos individuos no son presentados en una vez. Luego, sus caracteres comunes, que únicamente interesan

al concepto, generalmente son tales que llegamos sucesivamente a su conocimiento en el transcurso del tiempo y que nos es necesario un tiempo considerable para evocarlos en la intuición actual. Con el sentimiento de la *posibilidad* cierta de *reproducirlos*, la *intuición potencial* debe aquí reemplazar a la intuición actual. Son precisamente estas circunstancias que hacen al concepto muy precioso y muy conveniente para *representar* y *simbolizar* en el pensamiento, las grandes clases de hechos.

Biológicamente es muy importante constatar por la observación el vínculo de las reacciones, el aspecto de un fruto y su valor alimenticio, por ejemplo. Todas las ciencias parten de ahí para encontrar la *síjeza* de estas relaciones, el *vínculo* o la *independencia* de las *reacciones* entre sí. Una clase de objetos (de hechos) *A*, por ejemplo, suministra las reacciones *a*, *b*, *c*. Una observación más prolongada hace conocer además las reacciones *d*, *e*, *f*. Si entonces se encuentra que las reacciones *a*, *b*, *c*, caracterizan por sí solas en forma nítida al objeto *A*, y que sucede lo mismo para *d*, *e*, *f*, la unión de las reacciones *a*, *b*, *c*, y de las reacciones *d*, *e*, *f*, se encuentra establecida. Es por ello que un triángulo puede ser determinado tan bien por dos lados *a* y *b* y el ángulo comprendido γ , como por el tercer lado *c* y los ángulos adyacentes α y β . De donde se sigue que en el triángulo, este último grupo de tres elementos está unido al primero y puede deducirse de él. El estado de una masa gaseosa dada está determinado por el volumen *v* y la presión *p* y también por el volumen *v* y la temperatura absoluta *T*. Existe entre los tres parámetros, *p*, *T*, *v* una ecuación que permite deducir una cualquiera de estas tres magnitudes en función de las otras dos. Las proposiciones siguientes pueden todavía ser citadas como ejemplo de unión entre reacciones. "En un sistema, donde sólo se verifiquen fenómenos de conducción, la *cantidad de calor* permanece constante". "En un sistema mecánico sin fro-

tamiento, la variación de *fuerza viva*, durante un instante dado, está determinada por el trabajo cumplido en el mismo tiempo". "El mismo cuerpo que con el cloro da la sal de cocina, con el ácido sulfúrico da la sal de Glauber".

La importancia del concepto para la investigación científica se comprende fácilmente. Cuando clasificamos un hecho con un concepto, lo *simplificamos*, despreciando todos los caracteres que no son esenciales al fin que perseguimos. Pero, al mismo tiempo, *enriquecemos* este hecho, puesto que le hacemos participar de todos los caracteres de esta clase; los dos motivos económicos, ordenadores y simplificativos mencionados anteriormente, la *permanencia* y la *diferenciación suficiente*, no pueden intervenir con provecho sino cuando el sujeto está ya dividido por abstracción.

Reaccionamos psicológicamente de la misma manera por objetos pertenecientes a la misma clase de conceptos y de manera distinta para objetos pertenecientes a clases diferentes: esto es particularmente nítido si se trata de objetos biológicamente importantes. Los *elementos de sensación*, a los cuales en último análisis se dejan llevar los caracteres del concepto, son hechos físicos y psíquicos y la constancia del *vínculo* de las reacciones que representan las proposiciones de la física es *la más alta substantialidad* que la ciencia haya podido descubrir hasta ahora; es más estable que todo lo que se llama sustancia.

Nuestro cuerpo y, en particular, nuestra conciencia son sistemas de hechos relativamente cerrados y aislados. Este sistema que es la conciencia no responde a los fenómenos del medio físico sino en una medida bastante débil y en un pequeño número de direcciones. Se comporta como un termómetro, que no es sensible sino a los fenómenos calóricos, como un galvanómetro que sólo reacciona al paso de la corriente, en resumen, como un aparato de física que no será muy completo. A primera

vista esto se nos aparece como un defecto: pero la débil variación de reacción que corresponde a variaciones grandes y distintas en el medio físico hace posible una *primera* clasificación *grosera* de los fenómenos que nos rodean, clasificación a la cual las ulteriores correcciones proporcionan más fineza. En definitiva, aprendemos a conocer las particularidades, las constantes, y las causas de error del aparato de la conciencia como las de los otros aparatos. Somos cosas, *como* las cosas del mundo físico donde vivimos y que aprendemos a conocer también *por intermedio de nosotros mismos*. El papel predominante de la abstracción en la ciencia es evidente. No es posible prestar atención a todos los detalles de un fenómeno y no existirían razones de buen sentido para hacerlo así. Observamos precisamente las circunstancias que tienen un *interés* para nosotros y aquellas de quienes parecen *dependen*. La primera tarea que se ofrece al sabio es *hacer resaltar* en su pensamiento las circunstancias que dependen *unas de las otras*, y *dejar de lado* como accesorio o indiferente todo lo que en el fenómeno que estudia parece ser *independiente*. En realidad, los más importantes *descubrimientos* se han realizado por este procedimiento de *abstracción*. Apelt lo hace notar en forma admirable cuando dice: "Lo que es *compuesto pero particular* está siempre en nuestra conciencia antes de lo que es *más simple pero general*. La inteligencia nunca llega sino por abstracción a poseer lo que es general. En consecuencia, la abstracción es el método a aplicar para la *investigación de los principios*". Vamos a considerar de más cerca como ejemplos de descubrimientos, el principio de inercia y el principio de los movimientos relativos.

Galileo no llegó sino muy tarde y después de toda clase de rodeos al pleno conocimiento del principio de inercia. Si, por esencia, el hombre no fuese sino un puro *lógico* en lugar de ser ante todo un psicólogo, habría

llegado en forma muy simple a la abstracción que conduce al principio de la inercia, como lo he mostrado en otra parte. Desde que se ha reconocido que las fuerzas son circunstancias *que determinan la aceleración*, se sigue que *sin* fuerzas no se puede imaginar más que movimientos *sin aceleración*, es decir, rectilíneos y uniformes. La historia, y también ciertas discusiones actuales muestran con superabundancia que el pensamiento no entra por sí mismo en sendas tan rectas y tan lógicas. Montones de hechos diferentes, dificultades de todas clases, consideraciones que se entrecrocán y se contradicen, son necesarias, que se nos permita la palabra, para *extorsionar* la abstracción.

Creo que Galileo realmente encontró el principio de los movimientos relativos *por abstracción, comparando entre sí a hechos observados*. Después de haber examinado y analizado el movimiento de los cuerpos en caída libre, debió quedar admirado de que el movimiento de caída cerca de una torre inmóvil parece producirse exactamente como parece producirse para el observador situado en un barco animado de gran velocidad, el movimiento de caída cerca del mástil de ese barco. Esto lo conduce bien pronto a concebir el movimiento de caída como la combinación de un movimiento horizontal uniforme con un movimiento vertical acelerado. Las generalizaciones y las aplicaciones ulteriores no presentan ya dificultades.

Los escritos de Galileo muestran claramente que había imaginado la forma de la ley de la caída de los cuerpos como una hipótesis, que había adivinado exactamente, y que confirmó con la *experimentación*. Es porque se basó en la *observación* que Galileo vino a ser el fundador de la física *moderna*.

Las leyes del movimiento, establecidas por Newton en los Principios, y sobre las cuales volveremos en otra parte, son ejemplos excelentes de descubrimientos hechos

mediante abstracción. Ya hemos hablado de la primera ley (ley de la inercia). Si hacemos abstracción de la tautología que implica la segunda ley (*mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae*), el contenido oculto de esta proposición no está expresamente desprendido y representa justamente el descubrimiento *más importante* adquirido por abstracción: es la suposición de que todas las circunstancias que determinan los movimientos (fuerzas) imprimen *aceleraciones* a los cuerpos. ¿Cómo se llegó a esta noción cuya prueba dada por Galileo sólo se aplica directamente a la gravedad? ¿De dónde se sabía que esto era también verdadero para las fuerzas eléctricas y magnéticas? Bien se podía pensar: la *presión* es común a todas las fuerzas cuando se opone al movimiento; la presión siempre tendrá las mismas consecuencias, cualquiera sea su origen, lo que es verdadero para una *presión* será verdadero para las *otras*. Esta doble concepción de la fuerza, como origen de las aceleraciones y como presión, me parece ser también el origen de la tautología que aparece en la expresión de la segunda ley. Creo además, que para apreciar correctamente tales conceptos, se debe considerarlos como alguna cosa *aventurada desde el punto de vista intelectual*, alguna cosa que tiene necesidad de ser justificada por el *éxito*. ¿Quién nos garantiza de que en nuestras abstracciones prestamos atención a las circunstancias *verdaderamente importantes* y que aquellas que dejamos de lado son realmente indiferentes? Precisamente, la inteligencia del genio se diferencia de la inteligencia normal por la *previsión* segura y rápida del *éxito* de un método intelectual. En este respecto, los grandes sabios, los grandes artistas, los grandes inventores, los grandes organizadores, etc., deben ser colocados en el mismo rango.

Abandonemos nuestros ejemplos en el dominio de la mecánica y consideremos el descubrimiento de Newton de la dispersión de la luz. Separando *con más cuidado*

las luces de distintos colores y desiguales índices de refracción que componen la luz blanca, Newton reconoció primeramente que la luz está constituida por radiaciones diferentes *independientes unas de otras*. La segunda parte del descubrimiento parece haber sido adquirida por abstracción y la primera por el procedimiento inverso; las dos descansan en la capacidad y la libertad que tiene el sabio para *tener en cuenta* las circunstancias o *despreciarlas* a su antojo y según su objetivo. La independencia de las radiaciones, establecida por Newton, tiene una significación análoga a la de la independencia de los movimientos relativos y de la independencia de las radiaciones caloríficas de Prévost, que conducirán al conocimiento del equilibrio móvil de temperatura y a muchas otras concepciones que Volkmann ha designado con el nombre de *aislamiento*. Tales concepciones son esenciales para simplificar la ciencia.

Pero si los conceptos no son meras palabras, si tienen sus raíces en los hechos, es necesario sin embargo cuidarse de tener por *equivalentes* los conceptos y los hechos y confundir unos con otros. Graves errores son la consecuencia de estas confusiones, como también el confundir las representaciones intuitivas y las impresiones de los sentidos; pero las primeras son generalmente mucho más peligrosas. La representación es una formación a la cual han contribuido esencialmente las necesidades de un hombre aislado, mientras que los conceptos, influidos por las necesidades intelectuales de la humanidad considerada en conjunto, llevan el sello de la civilización de su tiempo. Si confundimos las representaciones y los conceptos con los hechos, identificamos alguna cosa más pobre o alguna cosa que sólo sirve para un fin determinado, con alguna cosa más rica e inagotable. Nuevamente olvidamos el límite U y, en el caso en que se trata de conceptos, debemos imaginar este límite como encerrando a *todos* los hombres interesados. Las deduc-

ciones lógicas de nuestros conceptos *se sostienen* tanto como *mantenemos* esos conceptos; pero debemos estar siempre listos para *corregir* los conceptos *mismos* teniendo en cuenta los hechos. En fin, no tenemos el derecho de admitir que lo que corresponde a nuestros conceptos es una permanencia *absoluta*, allí donde nuestra investigación pueda encontrar solamente la permanencia de relaciones entre las reacciones.

En una forma diferente, e independiente de mí, J. B. Stallo ha expuesto ideas que en principios concuerdan con lo que acabamos de decir. He aquí como pueden condensarse sus conclusiones:

1º El pensamiento no se ocupa de las cosas tales como ellas son en sí mismas, sino de sus representaciones intelectuales (conceptos).

2º Los objetos no nos son conocidos más que por sus relaciones con otros objetos. Así la relatividad es un atributo necesario de los objetos de nuestro conocimiento (por conceptos).

3º Un acto de pensamiento particular nunca encierra en sí mismo el conjunto de todas las propiedades conocibles de un objeto, sino solamente las relaciones que se refieren a una clase particular.

De la negligencia de estos principios, como Stallo lo ha mostrado, provienen varios *errores* muy extendidos, naturales, y que tienen por así decir su origen en nuestra organización psíquica. Pueden citarse como tales:

1º Todo concepto es la pendiente de una realidad objetiva discernible; existen tantas cosas como conceptos.

2º Los conceptos más generales y más comprensivos y las realidades que les corresponden son anteriores a aquellos que son menos generales; éstos últimos conceptos y las realidades que les corresponden se forman o se desarrollan a partir de los primeros por agregación de caracteres.

3º El orden en que nacen los conceptos uno después

de otro, es idéntico a aquel en que nacen las cosas.

4º Las cosas existen independientemente de sus relaciones.

En la oposición entre la materia y el movimiento, la masa y la fuerza, en tanto como realidades particulares, Stallo ve el *primero* de los errores señalados; en la adición del movimiento a la materia inerte, el *segundo*. La teoría dinámica de los gases está fundada sobre la teoría de los cuerpos sólidos, porque los sólidos nos son primeramente más familiares que los gases. Pero si se considera al átomo sólido como alguna cosa primordial, y donde debe deducirse todo, se cae en la *tercera* de las equivocaciones precitadas; como la ha notado ya J. F. Fries las propiedades de los gases en realidad son mucho más simples que las de los líquidos y de los sólidos. Como ejemplos de la *cuarta* falta, Stallo cita las hipóstasis del espacio y del tiempo que intervienen notablemente en la teoría newtoniana del espacio absoluto y del tiempo absoluto.

Debo decir además, bien alto, que las críticas de Stallo y las mías, nunca son dirigidas contra las *hipótesis* que no son sino método de trabajo científico, sino únicamente contra los absurdos de la teoría del conocimiento. Mis explicaciones parten siempre de las cuestiones de detalle para elevarse a consideraciones más generales, mientras que Stallo sigue exactamente el camino inverso. El habla más bien a los filósofos; yo me dirijo sobre todo a los sabios.

CAPÍTULO IX

SENSACIÓN, INTUICIÓN, IMAGINACIÓN

Es de las sensaciones y de sus combinaciones de donde surgen los conceptos; en un caso dado, su papel es el de conducirnos por los caminos más cómodos y más rápidos a las representaciones sensibles que estén en perfecto acuerdo con las sensaciones. Así toda la vida intelectual parte de las sensaciones para volver a ellas. Las representaciones sensibles son, por así decir, los verdaderos obreros; pero los conceptos son los organizadores y los vigilantes que asignan a los obreros su lugar y su tarea. Si se trata de operaciones simples, la inteligencia se dirige inmediatamente a los obreros, pero para las empresas más considerables, gira hacia estos ingenieros directores que sin embargo serían inútiles si anteriormente no hubiesen tenido cuidado en enrolar a los obreros. Gracias a su vida de representación, ya el animal no está completamente dominado por la impresión del momento. Si el cuidado del hombre civilizado por el porvenir excede al del salvaje, lo debe a sus conceptos y a la abundancia de las representaciones organizadas en conceptos. Diariamente sentimos cuanto es más inmediata la acción de las representaciones que la de los conceptos. Casi no rehusamos una limosna a un desgraciado que encontramos personalmente, mientras que una demanda de ayuda impresa muy a menudo es inútil. No haríamos para los pobres ni bailes, ni batallas de flores, si no existiese diferencia entre el concepto y la representación sensible.

El rentista avaro prohíbe al pobre mendicante sentarse frente a su puerta "pues sus lamentos le parten el corazón". Se acomoda mejor a la miseria abstracta. Las sensaciones son verdaderamente los *primeros motores* mientras que frecuentemente los conceptos no se vinculan sino por otros intermediarios abstractos.

Los sentidos han proporcionado *directamente* al hombre todo lo que el hombre ha podido aprender de la naturaleza *antes* del empleo de las *herramientas*. Esto se expresa todavía bastante nítidamente en la división actual de la física, división cuyo origen es histórico y que comienza a quebrantarse pues no es más suficiente. Pero, desde que se sirve de herramientas, según la concepción de Spencer, se puede considerar a todos los aparatos de observación como prolongaciones artificiales de los sentidos, a todas las máquinas como una extensión artificial de los órganos del movimiento.

En general, los órganos de los sentidos son órganos muy sensibles, a lo que se debe que ellos no reciban las excitaciones físicas como objetos inanimados, sino que las excitaciones ponen en libertad energías acumuladas en estos órganos, cosa que sólo sucede excepcionalmente en algunos aparatos de física, micrófono, relé telegráfico, etc.

La sensibilidad de los órganos de los sentidos puede ser igualada en ciertos aspectos y hasta sobrepasada en otros, por los aparatos de física. El físico llega a medir reacciones tan delicadas que éstas habrían permanecido siempre desconocidas si no hubiese recurrido a artificios.

La física conoce también el medio de reemplazar un sentido por los otros. Los métodos ópticos nos permiten ver los fenómenos sonoros e inversamente, podemos hacer sensibles al oído los fenómenos luminosos (métodos vibroscópicos, fotófono, etc). El calor, que sólo es conocido inmediatamente por el sentido del tacto, viene a ser sensible al ojo con la ayuda de un termómetro. Y también fenómenos, que inmediatamente no serían perceptibles

por ninguno de nuestros sentidos, pueden ser *vistos* con ayuda del galvanómetro y del magnetómetro, por ejemplo, las corrientes eléctricas muy débiles o variaciones de la intensidad magnética, que no podemos ni ver, ni oír, ni tocar. Notemos que el sentido de la vista interviene la mayor parte de las veces cuando se trata de reacciones muy finas.

Es necesario no olvidar que los fenómenos que en realidad escapasen completamente a *todos* nuestros sentidos, no serían y no podrían nunca ser *revelados*. Propiamente hablando, se trata pues de aplicar medios artificiales al estudio de reacciones más numerosas, más variadas y más finamente atemperadas, pero que caen bajo uno de nuestros sentidos naturales.

Tomemos como ejemplos una naranja, luego un cristal de sal de cocina, un trozo de platino y al aire. Sin ningún dispositivo especial, el primero de estos cuerpos acciona sobre todos nuestros sentidos. Al segundo le falta la reacción sobre el olfato y, al tercero le falta además la del sabor. El aire es hasta invisible para nosotros; a lo sumo podemos sentir si está frío o caliente y como consecuencia de un movimiento bastante violento, puede afectar nuestro tacto en forma de viento. No nos convencemos bien de su materialidad más que si lo encerramos artificialmente en otra materia, y en verdad, esta experiencia es una de las más viejas de la física. Por diferentes artificios, podemos para cada uno de estos cuerpos producir diversas reacciones características. Los cuerpos no son pues otra cosa que *haces de reacciones regularmente ligadas entre sí*. Es lo mismo para todos los fenómenos que nuestra necesidad de vistas de conjunto nos hace clasificar y nombrar. Que se trate de ondas líquidas que podemos percibir por la vista o el tacto, o de ondas sonoras propagándose en el aire, que oímos y artificialmente podemos hacer visibles, o todavía de una corriente eléctrica donde sólo podemos reconocer las reac-

ciones con artificios, lo que es constante, es siempre la *dependencia* regular de las reacciones entre sí, y esto solo. Es la *noción de sustancia explicada desde el punto de vista crítico* quien reemplaza científicamente a la noción vulgar de sustancia. Esta noción vulgar no presentaba, por otra parte, inconveniente para la vida diaria. Aún, en ciertos aspectos, era muy útil; sin ésta, nunca se habría desarrollado instintivamente. Pero en física científica, juega el mismo papel engañoso que la cosa en sí en filosofía.

Wiener imagina un ser inteligente dotado de sentidos distintos de los nuestros. Elementos nerviosos, rodeados de cuerpos magnéticos suficientemente potentes, representarían por ejemplo, un sentido magnético análogo a aquel que Kreidl ha podido producir artificialmente en los crustáceos. El ojo sería sensible para las radiaciones infrarrojas en lugar de serlo para las de más corta longitud de onda. Entonces podrían construirse anteojos empleando lentes de ebonita, etc. Por consideraciones de este género (y ellas no me desagradan), Wiener piensa poder escapar de la naturaleza particular de nuestros sentidos y adquirir una vista de conjunto de una teoría física *unitaria*. He aquí mi opinión sobre este punto: me represento todos los seres organizados, por lo menos aquellos que están en la tierra, como parientes muy cercanos unos de otros y, en consecuencia, creo que los sentidos de uno no son más que simples variaciones de los sentidos de otro. Las sensaciones que nos proporcionan nuestros sentidos actuales, ciertamente siempre permanecerán como los elementos fundamentales de nuestro mundo físico y psíquico. Pero esto no impide a nuestras teorías físicas ser independientes de la calidad particular de nuestras sensaciones. Hacemos la física excluyendo las variaciones del observador, practicando nuevas correcciones o eliminándolas en alguna forma. Comparamos los fenómenos físicos *entre sí* de manera de obtener única-

mente la *igualdad* o la *desigualdad* de una reacción sensorial, pero la particularidad de la sensación no interviene más para la relación encontrada, expresada en ecuaciones. Aquí, el resultado de la investigación física viene a ser valedera no solamente para todos los hombres, sino también para seres dotados de otros sentidos, a condición de que nuestras sensaciones no sean para ellos sino las indicaciones dadas por una cierta especie de aparatos de física. Únicamente nuestras sensaciones no serían en ninguna forma directamente intuitivas para estos seres, que estarían obligados a traducirlas en el lenguaje de *sus* sensaciones, como *nosotros* representamos gráficamente los fenómenos que no nos son intuitivos.

En lo que precede, hemos considerado sobre todo las diversas sensaciones y su significación. Llamamos, por excelencia, *intuición* a todo el sistema de las sensaciones coordinadas en el espacio y el tiempo, que nos ofrece el sentido de la vista, mediante el cual reconocemos con una ojeada la distribución de los cuerpos o sus movimientos recíprocos. La palabra nítidamente lleva su marca de origen¹. Para quien ve, la intuición visual es mucho más importante: es por ella que aprende más y ella le permite aprender mucho a la vez. Los ejemplos de ciegos muy inteligentes, como el geómetra Saunderson, nos muestran sin embargo que con el sentido del tacto se puede también adquirir en forma rápida una vista de conjunto bien ordenada, a la cual correspondería el nombre de intuición táctil. A los músicos hábiles no puede negárseles una especie de intuición de conjunto de los movimientos ritmados en el tiempo y de la distribución o del movimiento de las voces. De los calculistas proeliosos, Inaudi y Diamandi, el primero pertenece al tipo *auditivo*, el segundo al tipo *visual*. El primero había iniciado sus ejercicios antes de saber leer, se representaba los

¹ Del latín: *intuitio*.

nombres auditivamente. El otro, al contrario, antes de comenzar sus ejercicios había frecuentado la escuela y aprendido a escribir. Diamandi tenía una intuición visual *espacial*; Inaudi, una intuición auditiva *temporal*. No hablemos de lo que pueda existir de análogo para otros sentidos, como piensa Forel, por ejemplo, para el olfato muy desarrollado de los perros y las hormigas.

Sin ninguna duda, después de las diversas sensaciones es la intuición quien primeramente pone en movimiento las representaciones y las acciones, mientras que el pensamiento abstracto está todavía muy en retardo. Orgánicamente, la intuición es más antigua y más sólidamente establecida que el pensamiento abstracto. Abarcamos con una mirada la forma de un terreno y sin más, marchamos convenientemente sobre ese terreno, apartamos una piedra que rueda, tendemos la mano a un compañero que cae, tomamos un guijarro que nos interesa, sin tener necesidad de reflexionar. Es el objeto de la intuición quien da nacimiento a las primeras representaciones nítidas, a los primeros conceptos, a las primeras operaciones del pensamiento. Cuando esto es posible, siempre es ventajoso sostener por la intuición el pensamiento abstracto. Se apuntalan así las nuevas adquisiciones del *individuo* por las adquisiciones ya experimentadas de la *especie*.

Las artes gráficas, especialmente la fotografía y la estereoscopia, permiten actualmente procurarse fácilmente un número considerable de vistas que hace un siglo no habrían podido juntarse sino con grandes gastos. La fotografía en colores y la cinematografía nos aproxima todavía más a la naturaleza, mientras que desde el punto de vista acústico, el fonógrafo rivalizará con los instrumentos de óptica que le han adelantado. La ciencia, encontró también los medios de hacer entrar en el dominio de la intuición sensible, objetos que naturalmente son inaccesibles. La fotografía instantánea fija todas las fases de un movimiento, demasiado rápido para ser ob-

servado directamente, anula la velocidad y capta por decir así, al objeto al vuelo. Marey, Anschütz, Muybridge, han fijado las fases de los movimientos de los animales. Métodos más delicados han permitido obtener, en forma durable, imágenes de ondas sonoras y de proyectiles en movimiento, etc. El método de las series de imágenes es desde hace tiempo aplicado a la observación de los movimientos periódicos rápidos (estroboscopia). Existen movimientos cuya velocidad corresponde a nuestra intuición sensible natural: el cinematógrafo los reproduce con su velocidad propia. Los movimientos muy rápidos para ser vistos directamente, como los movimientos del vuelo de los insectos, las vibraciones acústicas, etc., pueden ser retardados a voluntad con la ayuda de series de imágenes. Al contrario, las modificaciones demasiado lentas para ser vistas sin artificio, como el desarrollo de una planta, de un embrión, de una ciudad, etc., pueden en el cinematógrafo desarrollarse tan rápido como se quiera. Si en el cinematógrafo se representara la imagen de un niño que crece, pasa por la flor de la edad, luego envejece y muere, este espectáculo sería más eficaz que el más asombroso de los sermones de penitencia.

La oposición entre la disminución y la aceleración en el tiempo es análoga a aquella que existe entre el aumento y la reducción en el espacio. Frente al microscopio tan empleado, debemos colocar la reducción de las imágenes a las cuales se presta menos atención pero que también son importantes, que nos permite ver grandes objetos y que empleamos, por ejemplo, en las cartas geográficas. Y en este último caso, nos introducimos en el dominio de la intuición ordinaria práctica de los objetos que reconocemos difícilmente por abstracción. Es para afianzar al pensamiento abstracto que recurrimos a los gráficos que trazan los aparatos registradores y a las curvas que representan geoméricamente los resultados ya ad-

quiridos, etc. Un solo ejemplo es suficiente para hacer sensible la importancia que tiene hacer entrar en la intuición un dominio de hechos. Se sabe cuanta fatiga debió darse Kepler para construir según datos abstractos, las órbitas planetarias elípticas. Habría necesitado apenas una simple ojeada para adivinar la verdad si representándolos en una escala reducida en el tiempo y en el espacio se hubiesen hecho estos movimientos intuitivos.

El recuerdo viene de la intuición. Si todo, en mi representación, presenta las mismas relaciones que en realidad he vivido, llamo a eso un recuerdo.

Influencias accesorias pueden formar entre ciertos elementos los recuerdos, las asociaciones que no son nunca encontradas en los acontecimientos de nuestra existencia. Las llamamos representaciones imaginativas (*Phantasievors-tellungen*). Si en mi vida no he visto sino un solo perro, y si hoy me represento un perro, este perro tendrá probablemente todos los caracteres que despertaron mi atención cuando lo observé. Pero he visto un gran número de perros diferentes y otros animales parecidos al perro. Por lo tanto, el perro que me represento difiere de cada uno de los que he visto. La imaginación creadora actúa combinando las asociaciones que pertenecen a *diferentes* acontecimientos de la vida. Estas simples consideraciones muestran que no se puede trazar una línea de demarcación absoluta entre recuerdo e imaginación. No existe acontecimiento tan aislado que otros acontecimientos no puedan influir su recuerdo. Todo recuerdo es a la vez "Poesía y Verdad. Por otra parte, los elementos del recuerdo, la mayor parte de las veces, pueden ser *puestos en evidencia* en los productos de la imaginación.

Un niño mira a un cojo. "El pobre hombre estaba montado sobre un gran caballo; se cayó y se estropeó la pierna contra una piedra". He ahí una historia que un

niño de tres años y medio imagina fácilmente haciendo un llamado a sus recuerdos. Otro niño, de tres años, anhela vivir como un pez en el agua o como una estrella en el cielo. ¿Si un niño llama a un gollete de una botella una puerta, a una pequeña moneda un niño de dólar y si escribe viendo el césped cubierto de rocío: "La hierba llora", es necesario ver una creación de la imaginación? A menudo me he planteado el problema observando a mis hijos. Mientras su lenguaje se desarrolla, el niño tiene pocas palabras a su disposición y, como el salvaje, habla poéticamente por necesidad: todas las semejanzas lo incitan a trasponer el significado de las palabras. La imaginación del salvaje, como la del niño, saca sus cosmogonías de los elementos cuyos recuerdos ha conservado. Arañas y langostas, ranas y sapos gigantes, juegan un gran papel. La hijita de un intendente, encargado de la corte inferior, preguntaba si las estrellas son huevos que había puesto la luna: he ahí un bello ejemplo de la manera como se forman las cosmogonías ingenuas.

Quien conoce la historia del desarrollo de la ciencia o que ha participado en la investigación, no puede dudar de que el trabajo científico demanda una imaginación muy potente. Esta clase de imaginación, por otra parte, es diferente de la del artista. Todos los contemporáneos de Galileo sabían que el sonido se propaga más lentamente que la luz y que si se observa a un carpintero que trabaja a lo lejos, se *ve* el golpe del martillo antes de *oirlo*. Aquí, es la luz incomparablemente más rápida quien sirve para notar el momento de la producción del sonido. Para determinar la velocidad de la luz, este procedimiento no es ya aplicable. ¿Cómo señalar el momento en que la luz comienza? Galileo imagina a la luz partiendo de un observador A que de improviso descubre su linterna, ésta llega a un observador B y es enviada a A por B quien a su vez descubre su linterna, de manera

que A pueda él mismo señalar la partida y la llegada de la luz para un trayecto igual al doble de la distancia que separa a A de B. Esta ingeniosa disposición es debida a la imaginación que combina y tiene en cuenta todas las condiciones. Quizás intervino el recuerdo del eco. Sin duda Galileo juzgaba impracticable la experiencia, a causa de la gran velocidad de la luz, pero Fizeau, más de doscientos años después, pudo continuar lo que había comenzado la imaginación de Galileo. Piensa en reemplazar al observador B por un espejo que enviara la luz hacia A y en fin, colocar en A y en B, anteojos para disminuir las pérdidas de luz.

La luz y el ruido de la chispa eléctrica despiertan en Franklin la idea de que el rayo y el relámpago son de naturaleza eléctrica. Concibe el deseo muy vivo de protegerse de esta electricidad que adivina. ¿Pero cómo llegar? Una varilla conductora no asciende tan arriba y no puede construir una torre de Babel. Entonces piensa en los barriletes. Provee a uno de estos barriletes de una punta metálica y de una cuerda de cáñamo que llevaba una llave en su extremidad inferior. Al aproximarse una tormenta, lanza el barrilete e interpone entre la cuerda de cáñamo y su mano, un trozo de un cordón de seda. La lluvia hizo conductora a la cuerda de cáñamo: Franklin pudo sacar chispas de la llave y gracias a ellas, cargar botellas de Leyden; en una palabra, poner el "fuego eléctrico" en botellas. Actualmente, un globo cautivo podía reemplazar al barrilete.

Se puede además citar la combinación hecha por Newton, de una lente convexa y un vidrio plano, que inmediatamente da todos los colores de las láminas delgadas y permite determinar fácilmente el espesor que corresponde a cada color. Mencionemos finalmente, los caballeros de Sauveur, destinados a mostrar los nodos de una cuerda vibrante, el espejo giratorio de Wheatstone, las llamas acústicas de König, etc.

En los casos mencionados antes, que son soluciones de problemas experimentales, no tenemos únicamente representaciones sensibles sino también conceptos. Desde que se han adquirido conceptos familiares, fijados por las palabras, signos, fórmulas o definiciones, estos conceptos representan al mismo tiempo, objetos de la memoria, del recuerdo, de la imaginación. Se puede también ejercer su imaginación sobre los conceptos, indagar su dominio dejándose guiar por la asociación y efectuar una conveniente selección según las condiciones del problema. Esto especialmente sucede cuando se ataca a un problema teórico, si se percibe que se pueden formar conceptos que aclaran todo y proporcionan la clave de la solución. En sus investigaciones sobre la hidrostática, Stevin nota que la solidificación de una porción cualquiera de un líquido en equilibrio no turba al equilibrio, pero al contrario, lleva toda una serie de problemas de hidrostática a problemas ya resueltos en la estática de los cuerpos sólidos.

Las leyes de Kepler habían sido halladas y Newton busca resolver el enigma que ellas plantean. La trayectoria curva de los planetas (primera ley) le hace ver que existe una fuerza atractiva partiendo de un punto interior de la trayectoria. La ley de las áreas (segunda ley) que se aplica al sol, le permite ir más lejos y le muestra que el sol es precisamente ese punto. La tercera ley, $r^3/T^2 = \text{constante}$, donde r designa el alejamiento y T la duración de una revolución del planeta, no concuerda con la expresión $\varphi = 4 r \pi^2/T^2$, dada por Huygens para la aceleración centrípeta, más que si $\varphi = k/r^2$. Una fuerza centrípeta inversamente proporcional al cuadrado de la distancia resuelve pues todo el enigma planteado por Kepler.

Las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz se explican para Huygens por la noción de la resultante de las acciones de ondas elementales, cuya velocidad está determinada por el medio donde ellas se propagan.

Las leyes cuantitativas de Malus para la polarización de la luz, la analogía de los colores proporcionados por las gotas cristalinas birrefringentes con los colores de las láminas delgadas, y las fórmulas de Biot para las primeras son explicadas de un solo golpe y relacionadas unas a las otras por la concepción de Young y de Fresnel que admiten una relación entre las oscilaciones transversales de la luz y la cohesión del medio donde ellas se propagan.

La ley de la asociación nos ha sido *suficiente* para explicar la actividad de la imaginación del sabio, que acabamos de examinar. Pero la imaginación del artista presenta en sus manifestaciones algunas *particularidades* que nos es necesario estudiar de más cerca. La asociación no se limita a los fenómenos de conciencia. *Todos* los fenómenos del organismo que han podido producirse en conjunto, tienen una tendencia a asociarse en forma durable. Es así que los movimientos, las secreciones, etc., se asocian por la costumbre. La asociación es la unión, temporariamente adquirida en el tiempo, de funciones orgánicas diferentes entre sí, la excitabilidad, adquirida en el tiempo, de una actividad orgánica por otra, la adaptación en el tiempo de las partes del organismo unas a las otras por las circunstancias de la vida individual, y al servicio del individuo íntegramente. Pero la unión de los órganos que hace posible esta acción recíproca, no se constituye solamente para la vida del individuo. Ella está ya dada para toda la vida del organismo, por lo menos en gran parte, por la herencia. Por ahí existe ya un estado de acción recíproca (los movimientos reflejos por ejemplo) que crece cuando el organismo se desarrolla (pubertad) y que las adquisiciones, hechas en un cierto momento en el curso de la vida del individuo, no hacen más que modificar.

La vida no sería absolutamente posible si no hubiesen más que asociaciones en el sentido corriente de la pala-

bra; pero es necesario darse cuenta que los órganos están ahí unos para los otros, se sirven los unos a los otros y que sin embargo cada uno de ellos tiene su vida *propia autónoma*. Esta vida se manifiesta en sus *energías, específicas*, que pueden ser modificadas por un excitante exterior o por otros órganos, pero que, en conjunto, tienen un carácter determinado y que pueden, llegado el caso, mostrarse autónomas. Así, la vista o el oído o cualquier otro órgano de los sentidos puede producir sensaciones que se desarrollan generalmente bajo la influencia de una excitación física, pero espontáneamente puede proporcionar *alucinaciones* bajo la influencia de condiciones vitales que todavía deben estudiarse de más cerca. La corteza cerebral puede producir ideas fijas, un músculo contraerse sin inervación voluntaria, una glándula secretar sin su excitante habitual. Son las alucinaciones quienes, a decir verdad, nos hacen reconocer las sensaciones como estados de nuestro propio cuerpo. No viendo sino esta verdad y exagerando su importancia, es que los filósofos han construido sus sistemas simplistas (solipsismo).

Generalmente se considera como carácter de la imaginación creadora artística la *neo-formación* espontánea y sin esfuerzos de sus creaciones, lo que excluye la imitación pura y simple de la vida. A esto se añade la instantaneidad con que una creación se ofrece al artista, por lo menos en sus grandes rasgos, sea como una alucinación directa, sea bajo una forma muy cercana de la alucinación. Pero no debe tomarse como regla lo que es accidental, ni reemplazar con exageraciones a una concepción científica simple. ¿Se cree que un Beethoven o un Rafael habrían podido nacer entre salvajes? Esta pregunta hace inmediatamente sentir que todo el carácter de las creaciones de estos grandes artistas está fuertemente determinado por el arte que los ha precedido. Aquel a quien hace vibrar una sinfonía de Schumann o una poesía de Heine,

reconoce las trazas de un arte más antiguo. Se acordará fácilmente que una buena parte del encanto de estos maestros se encuentra en las variaciones inesperadas de viejos temas que nos sorprenden agradablemente.

¿Se puede comenzar un descubrimiento científico por una alucinación? Quizás Goethe haya sido conducido así a la metamorfosis de las plantas. Existen excepciones raras, pero en general debe aplicarse aquí lo que he dicho para los sueños.

Por propia experiencia estoy muy familiarizado con las alucinaciones y los sueños y más de una vez me ha sucedido encontrar imágenes ópticas o musicales susceptibles de una aplicación artística. Al contrario, no conozco ningún caso de descubrimiento científico realizado por alucinaciones, ni en los grandes ejemplos clásicos de la historia ni en mi propia experiencia. No son raros los casos donde súbitamente se encuentra la manera de resolver un problema, y a mí mismo me ha pasado eso; pero si se mira de más cerca, siempre se encuentra que previamente se ha escudriñado el problema por un largo trabajo, o bien que sin dificultad y como jugando pero dominado por un interés especialmente orientado, se han reunido datos que, con un último hallazgo, constituyen un todo. ¿Por qué el arte y la ciencia se comportan tan diferentemente en este punto? El arte permanece sobre todo sensible y principalmente se dirige a *un* sentido. Todo sentido tomado separadamente puede alucinarse. Pero la ciencia tiene necesidad de conceptos. ¿Existen las alucinaciones de conceptos? ¿Cómo podrían producirse? ¿Podemos esperar, como presente en un organismo inconsciente, la última adquisición intelectual del hombre, el concepto científico, que por propia naturaleza está formado deliberadamente por un trabajo consciente?

Para terminar consideremos todavía otra vez, la relación del concepto con la intuición y la sensación. La ventaja de los conceptos familiares que no son transmitidos

por las palabras y las lecturas, pero que se han adquirido por sí mismo, consiste en la facilidad con que evocan las intuiciones y las sensaciones, que contienen potencialmente, y que fácilmente pueden agruparse de nuevo en conceptos.

Quien piensa en sus bondadosos antepasados o con gusto se imagina el bello porvenir de sus descendientes, transforma inversamente estas representaciones intuitivas en *conceptos*. Cada uno de nosotros tiene dos padres, cuatro abuelos, ocho bisabuelos, y continuando así el cálculo por algunos siglos, se llega a una tan considerable población que ningún país podría contenerla. Puesto que cada uno no puede tener sus buenos antepasados *particulares*, forzosamente debe contar en su parentela, entre los antepasados comunes, a un importante número de ladrones, asesinos, etc., de quienes le será necesario aceptar herencias psíquicas. Si alguien deja nada más que tres niños y éstos hicieran lo mismo, su descendencia cubrirá la tierra en algunos siglos. Resulta que la mayor parte de entre ellos llegaron a luchar por la existencia, lo que no siempre se hace con los medios más nobles.

Quizá este simple ejemplo de la traducción de las intuiciones en conceptos, hará pensar que el cuidado egoísta e irreflexivo por sus propios descendientes descansa en una *ilusión* y que valdría más reemplazarlo por el cuidado a la humanidad.

Quien posee un sistema de conceptos ricamente proporcionado, teniendo en cuenta sus intereses, sistema que se ha apropiado con el lenguaje, la educación y la instrucción, posee grandes ventajas sobre aquel que sólo se ha formado con puras percepciones. Pero quien carezca de la capacidad de traducir rápida y corrientemente sus representaciones en conceptos y recíprocamente, llegado el caso podrá ser inducido a error por sus conceptos: éstos podrían entonces llegar a ser para él una inútil sobrecarga de prejuicios.

CAPÍTULO X

ADAPTACIÓN DE LOS PENSAMIENTOS A LOS HECHOS Y DE LOS PENSAMIENTOS ENTRE SÍ

Poco a poco, los pensamientos se adaptan o los hechos en forma de proporcionar una imagen suficientemente exacta para las necesidades biológicas. Naturalmente, la exactitud de la adaptación no excede de lo que exigen los intereses del momento y las circunstancias en que ella se ha producido. Pero, los intereses y las circunstancias cambian de un caso a otro, los resultados de la adaptación correspondiente a diferentes casos no son absolutamente concordantes. El interés biológico nos impulsa entonces a corregir estos resultados uno con el otro, para nivelar los apartamientos lo mejor posible y lo más ventajosamente posible. Esta tarea se cumple por la combinación del principio de la *permanencia* y el principio de la *diferenciación suficiente* de las representaciones. En realidad estos dos procesos, la *adaptación de las representaciones a los hechos* y la *adaptación de las representaciones entre sí*, no son nítidamente separables. Si las primeras impresiones de los sentidos están ya determinadas por la disposición innata y temporaria del organismo, las impresiones ulteriores están a su vez influidas por las primeras. Así, casi siempre, el primer proceso está ya complicado por el segundo. Estos procesos se completan primeramente sin que se los busque y sin que se tenga clara conciencia de ello. Cuando nuestra conciencia despierta netamente, encontramos ya en nos-

otros una imagen muy rica del mundo. Solamente más tarde, una travesía enteramente progresiva nos conduce a proseguir conscientemente e *intencionalmente* los dos procesos y desde que ese pasaje se ha franqueado, comienza la *investigación científica*. La adaptación de los *pensamientos* a los *hechos*, es para decirlo mejor, la *observación*; la adaptación de los *pensamientos entre sí*, la *teoría*. Además, la observación y la teoría no se separan en forma neta, pues casi siempre la observación está ya influenciada por la teoría y si ella tiene una importancia suficiente, a su vez ejerce una acción sobre la teoría.

No tenemos ninguna dificultad en aprender que la leche y el pan tienen un gusto agradable y aplacan nuestro apetito, que el choque de los cuerpos pesados y duros es doloroso, que la llama quema, que el agua corre, que el trueno viene después del relámpago, etc. Las adaptaciones casi se completan ellas mismas en el interés biológico inmediato y personal del individuo. Pero la cosa cambia desde que esta adaptación de los pensamientos no tiene más un interés *mediato* y, no puede llegar a buen término, mas que si el resultado puede ser *comunicado* a todo el mundo, es decir, debe expresarse con el lenguaje. Aquí, la vida psíquica será mucho más activa. El hecho nuevo debe ser *comparado* con otros hechos; es necesario observar *atentamente* las concordancias y las diferencias; es necesario buscar los elementos ya *conocidos* y ya *denominados*, de los cuales puede *pensarse* que el hecho nuevo está compuesto. Únicamente una actividad psíquica fortificada en el servicio de la vida puede ser suficiente. De niños aprendemos a aspirar los líquidos por un tubo sin saber cómo, hasta sin preguntarnos por qué y sin poder darnos cuenta. Pensemos en el desarrollo intelectual que es necesario para procurarse el agua por el *medio indirecto* de una bomba. Que fuerza debe tener el interés *indirecto* para que, bajo su dirección, la imaginación realice una conveniente elec-

ción entre los recuerdos y cree un plan para construir la bomba. Como es preciso haber comparado todo para finalmente poder decir: el agua sigue a pesar de su peso "por horror al vacío" al pistón que se eleva.

Para los primeros grados de la adaptación, a menudo es suficiente una nueva combinación de recuerdos *intuitivos*, efectuada gracias a la *actividad de la imaginación*. Piénsese en la atracción y repulsión de los imanes, en la emisión de corpúsculos luminosos, en el calor considerado como una sustancia que se escurre de un cuerpo caliente a un cuerpo frío, como el agua pasa de una esponja húmeda a una esponja seca, y hasta en la regla del hombre de Ampère. Pero para llegar a la adaptación ulterior, es preciso efectuar operaciones *abstractas sobre los conceptos* y considerar clases enteras de hechos desde el punto de vista de su reacción característica. Es así que Galileo reconoció que el movimiento de caída era un movimiento "uniformemente acelerado".

Estudiemos ahora con ejemplos simples, el *conflicto* de los pensamientos entre sí y la adaptación de los pensamientos unos a los otros que resulta. A menudo, un acontecimiento sensible de nuestra vida despierta recuerdos diferentes que, concordando en parte, nos impulsan a actuar en un sentido determinado y que, por otra parte, se combaten y se paralizan recíprocamente. Sea por ejemplo un zorro que espía una presa que forcejea, y al mismo tiempo vigila la proximidad del cazador o adivina la presencia de una trampa que le trae malos recuerdos. Si reconoce que ese supuesto cazador es un niño inofensivo, sin arma ni perro, y que aquello que tomaba por una trampa no es sino un montón de zarzas donde su presa por casualidad ha quedado embarazada, el zorro se ha liberado del *conflicto*.

Frente a toda empresa que nos ofrece diversas perspectivas unas favorables, otras desfavorables, estamos colocados en un estado de *ansiedad* más o menos *penosa*,

que sólo cesa cuando hemos reconocido como vanas nuestras dudas o nuestras esperanzas, cuando hemos visto que ellas no estaban fundadas en la realidad y cuando por lo tanto estamos decididos para la empresa o la hemos abandonado. Experimentamos entonces una sensación de *alivio* que contrasta agradablemente con nuestro estado anterior. Por las necesidades de la vida, los pensamientos se adaptan a los hechos y se armonizan entre sí. Desde que el pensamiento se ha fortificado suficientemente, un desacuerdo entre los pensamientos es ya en sí mismo una pena y se busca apartar este malestar intelectual aun cuando ningún interés práctico esté en juego.

Un joven inculto debiendo llevar una cesta con frutas y su factura, come una parte en el camino y queda totalmente admirado de que ésta pueda denunciarlo. Una segunda vez, para impedir a ese papel traidor que lo observe lo coloca bajo una piedra; pero también esta vez debe reconocer que no se ha protegido suficientemente. Sólo cuando ha aprendido a contar y a dibujar los números con trazos puede al fin explicarse en forma más o menos conveniente cómo la factura pudo traicionarlo. Viviendo, por decir así, en la compañía de los recuerdos, la representación primitiva de la factura debió modificarse hasta que ella se puso de acuerdo con aquellos.

La primera vez que vemos un bastón sumergido oblicuamente en el agua, nos parece *quebrado*. Pero al sumergirlo en el agua no hemos experimentado ninguna resistencia; el bastón que retiramos del agua está derecho, lo que ciertamente no sucedería si se hubiera quebrado en un instante dado. Es así que *despreciamos* esta rotura del bastón como una *apariencia* de menos importancia, como una ilusión frente a representaciones de más alto valor que concuerdan mejor entre sí. Este *abandono* de un hecho, prácticamente poco importante puede ser suficiente para fines prácticos, pero desde el punto de vista científico ciertamente no corresponde, por lo que *todo*

hecho puede adquirir un significado distinto según las circunstancias. El sabio no queda satisfecho sino cuando ha reconocido que las circunstancias de la propagación de la luz determinan en la misma forma la imagen rectilínea o la imagen quebrada.

Las adaptaciones de los pensamientos, de los cuales el individuo no se ocupa sino en su propio interés, *pueden* efectuarse con la ayuda del lenguaje, pero no están exclusivamente ligados. Al contrario, el resultado de una adaptación de pensamientos que debe beneficiar a la generalidad de los hombres, debe *forzosamente* expresarse verbalmente en conceptos y en juicios y soportar las ventajas e inconvenientes de esta forma. En particular, esto es verdadero en todos los procesos científicos de adaptación: éstos consisten en la corrección mutua que los grupos de conceptos y de juicios ejercen unos sobre los otros.

La tortura que resulta de estos conflictos de la vida intelectual, impulsó visiblemente a los Eleatas en sus investigaciones filosóficas. Puede juzgarse como se quiera a sus tentativas, sin embargo se reconocerá que los debates que han mantenido desarrollaron la habilidad y la precisión del pensamiento y de la palabra, y que por el sentimiento de liberación que aportan las soluciones reales o ilusorias, han hecho gustar la *alegría de pensar*.

Los sofistas, en el mal sentido de la palabra, se hacían fuertes para defender todas las opiniones: inmediatamente pensaban en su propia ventaja, pero sin embargo, indirectamente hacían progresar la *crítica*. Actualmente, encontramos simplemente insípidos y repugnantes los argumentos que se encuentran en la boca de los sofistas de Platón, *Eutidemo* o *Gorgias*; no nos rompemos la cabeza con los juegos de espíritu como los del *Mentiroso*, el *Velado*, etc., y esto obedece a que nuestros antepasados han ya apartado estas dificultades.

Por ahí vemos cuán grande es la distancia que existe

entre la reflexión en sus comienzos y la reflexión que ha llegado a su madurez y podemos felicitarnos de estar, por una potencia de reflexión más madura, en condiciones de apartar rápidamente esos razonamientos y los que se le asemejen, para orientar nuestras investigaciones hacia problemas más importantes y más fecundos. Pero no tenemos el derecho de olvidar con ingratitud que al lado de este servicio indirecto que nos ha proporcionado el *abuso* del pensamiento, muchos filósofos griegos aplicando la *prueba geométrica* a un tema simple sólido han desarrollado el verdadero método que consiste en adaptar los pensamientos unos a otros y en corregir los pensamientos menos bien fundados con la ayuda de los pensamientos más sólidamente establecidos y que, así, han creado un patrimonio intelectual impercedero. El resultado de esos esfuerzos, los *Elementos* de Euclides, son todavía hoy clásicos en relación con la *lógica*.

La escolástica de la edad media fué para la ciencia casi completamente estéril; pero para poner su vista de acuerdo con los dogmas de la Iglesia y con las palabras de Aristóteles, su filósofo favorito, desarrolló y aprovechó la vieja dialéctica. Cuanto menor era el material de hechos más era necesario reflexionar para sacar todo lo que podía ser considerado como una proposición exacta. Este procedimiento produjo una charlatanería muy poco substancial, que los sabios actuales digieren difícilmente, aún en la diluída dosis en que se encuentra en Kepler, Grimaldi, Kircher, etc. Pero no se debe desdeñar la educación que este método proporciona para explotar una idea; se percibe eso bien desde que se ofrece un real sujeto de estudio. Naturalmente no quiero decir que una divinidad bondadosa colocó intencionalmente a la escolástica antes del comienzo de la ciencia. Pero habiendo existido la escolástica debió forzosamente ejercer sus buenos como sus malos efectos. Sus malos efectos desgraciadamente se hacen sentir durante siglos hasta que final-

mente se produjeron acontecimientos, después de los cuales la escolástica no podía conservar una apariencia de vida sino para hombres artificialmente ciegos.

Entonces, mientras ningún problema serio se plantea, una vida intelectual potente se ejerce por *juego* y por este mismo juego, *se desarrolla y se fortifica* para los casos serios.

Como ejemplo tomemos los problemas de recreación intelectual del *Thaumaturgus mathematicus* (Colonia, 1651). El libro fué impreso en el tiempo en que la investigación científica estaba en pleno vuelo y en él hay trazas netas del pensamiento antiguo, escolástico y moderno. El problema 13 plantea la pregunta: ¿cuál es el peso del humo de un objeto que se quema? La solución consiste en pesar el objeto y la ceniza que deja; la diferencia de los dos pesos debe ser el peso del humo. Sin duda, problema y solución son antiguos, pues según el relato de Luciano el cínico Demonax respondió en esa forma a la pregunta que se le plantea para confundirlo. *Sabemos* que la solución es falsa; sin embargo se presenta nitidamente el sentimiento de una experiencia *más general* que actualmente expresamos por el principio de conservación de la masa y la *necesidad* de concordar y adaptar los pensamientos particulares con esta noción *más importante*¹.

Hay problemas que no pueden resolverse sin hacer experimentación mental. El problema quince es de esa especie: se trata de hacer cruzar el río al lobo, la cabra y al perro en un bote que sólo tiene un lugar, debiendo evitarse que, en el intervalo, uno de los tres compañeros se coma al otro. Se empieza por transportar a la cabra y el resto sigue solo.

El problema 29 es bastante particular: colocar al mis-

¹ Lavoisier no descubrió la ley de la conservación de la masa, pero fué guiado hacia sus grandes descubrimientos en química por esta idea instintiva que ya era familiar en la antigüedad.

mo tiempo a un hombre de pie y tumbado. Aparentemente es imposible mientras se entiende por *parado* una dirección *absoluta*. Si se transforma esta noción absoluta en una noción de relación, se resuelve el problema colocando al hombre en el centro de la tierra.

En el problema 49 se construye íntegramente alrededor de la tierra un puente absolutamente regular, luego simultáneamente se retiran todos los pilares. ¿Qué sucede? *Si praxis tam exacta accesserit quam speculatio est certa*, el puente debería, como una bóveda cerrada sobre sí misma, permanecer en el aire y *planear* pues ninguna de sus partes podría caer antes que las otras. Todas estas ideas están adaptadas al pensamiento más general de que todo fenómeno está determinado por las circunstancias en forma *unívoca*. Se notará que el anillo de Saturno podría asemejarse a un puente de este género. Pero, naturalmente, no se ha podido todavía tener ninguna cuenta de la ley de la gravitación en razón inversa al cuadrado de la distancia y del equilibrio inestable así realizado por un anillo *sólido* planeando. El anillo de Saturno real, no puede existir más que si está compuesto de masas aisladas animadas de un movimiento de rotación.

Estos ejemplos nos muestran que los hombres del siglo XVII estaban bien preparados para los grandes descubrimientos científicos. El método de la experimentación mental, la adaptación por la experiencia de los pensamientos particulares a los pensamientos más generales, el cuidado en hacer concordar ciertos hábitos de pensamientos (permanencia-determinación unívoca) y el ordenamiento de las representaciones en series son trabajados en estos juegos, y precisamente, son estas formas de la actividad intelectual las que más *sirven* a la ciencia.

Consideremos ahora ejemplos de la adaptación de los pensamientos entre sí, tal como realmente se verifica en el curso del desarrollo de la ciencia, para lo cual han jugado un papel muy importante. Stevin busca el valor

de un fardo que debe arrastrarse a lo largo de un plano inclinado sobre el que ha sido colocado. Toma como exacto el valor para el cual una cadena cerrada homogénea que pasa alrededor del plano inclinado, permanezca en reposo: a menudo la experiencia diaria nos presenta este hecho. Adapta el pensamiento menos seguro a aquel que está más sólidamente establecido.

Galileo, al comienzo de sus investigaciones, encuentra todavía la noción tradicional de una "fuerza impresa" al cuerpo arrojado, gradualmente decreciente, lo que es también una expresión natural de la experiencia diaria. Sus investigaciones le hacen conocer el movimiento de caída uniformemente acelerado y el movimiento de ascenso uniformemente retardado según la vertical y según una dirección inclinada respecto al horizonte. Entre tanto, notablemente en sus investigaciones sobre el péndulo, se habituó a considerar las resistencias como disminuyendo la velocidad y a ver las influencias retardatrices. El movimiento horizontal uniforme se le aparece enseñada como un caso especial de un movimiento uniformemente acelerado o uniformemente retardado con una aceleración *nula* y entonces la "fuerza impresa" decreciente viene a ser superflua y molesta y debe ceder el lugar a la noción de inercia, que conviene en todos los casos.

Los principios de Newton comienzan con ocho definiciones (definición de la masa, definición de la cantidad de movimiento, definición de la resistencia de inercia, definición de la fuerza centrípeta, etc.) y por tres leyes del movimiento, que son presentadas como consecuencias de esas definiciones. Estas construcciones del espíritu son extraídas de la experiencia, o le son adaptadas, y llevan ya la marca de una adaptación *recíproca*. Esta última adaptación, sin embargo, no es impulsada hasta el fin, pues entre estas construcciones, hay superfluas. Para justificarlas completamente, es necesario considerar que han

sido construídas en el tiempo en que la estática se desarrollaba para proporcionar la dinámica, y que por eso contienen una doble concepción de la fuerza, considerada por una parte como una tracción o una presión y por otra, como una circunstancia determinando la aceleración. Pero consideremos la estática como un caso particular de la dinámica; partamos de este hecho que los cuerpos tomados dos a dos determinen *uno sobre el otro* aceleraciones recíprocas y que estos grupos de cuerpos tomados dos a dos son *independientes* unos de los otros; definamos dinámicamente la relación de las masas por la relación inversa de las aceleraciones y además tengamos en cuenta este hecho experimental que las relaciones entre las masas permanecen las mismas, ya sean determinadas directa o indirectamente; entonces nosotros podremos fácilmente fundar sobre esto toda la dinámica. La segunda ley se reduce al hecho de la aceleración recíproca de los cuerpos, es decir, a una definición de masa arbitrariamente elegida; la primera ley se reduce a un caso particular de la segunda, y la tercera ley viene a ser totalmente superflua. Naturalmente, las proposiciones de Newton concuerdan completamente entre sí; su superabundancia se manifiesta en esto, que de algunas de ellas pueden deducirse todas las otras.

Black ya había establecido, partiendo de la materialización del calórico, la noción de cantidad de calor y había llegado a la noción de la constancia de la suma de las cantidades de calor. Sabía también que el calor pasa de un cuerpo caliente a un cuerpo frío que lo toca, y que la temperatura del primero baja mientras que la del segundo se eleva. Entonces observa que, durante toda la duración de la fusión o de la ebullición, la temperatura de los cuerpos en fusión o en ebullición no se eleva, aun cuando estén en contacto con la llama mucho más caliente que ellos. La constancia de la suma de las cantidades de calor no es más compatible con la desaparición

del calor, que acompaña a estos fenómenos. Black admite que una cierta cantidad de calor permanece *latente* en la fusión o la ebullición, y la termodinámica moderna rechaza la constancia de la suma de las cantidades de calor. La adaptación puede así hacerse de diferentes maneras. De dos pensamientos que se contradicen, debe modificarse para concordarlo con el otro aquel que en un momento dado, se tiene como menos importante y menos digno de confianza.

Sadi Carnot ha reconocido que, para que un cuerpo frío pueda producir trabajo, es necesario que una cierta cantidad de calor pase de una temperatura más elevada a un temperatura más baja. Con Black, admite sin discusión la invariabilidad de la cantidad de calor. Mayer y Joule encuentran que la producción de trabajo está acompañada por una pérdida de calor y admiten que, cuando se gasta trabajo puede producirse calor (por frotamiento). Clausius y Thomson levantan esta aparente paradoja reconociendo que la cantidad de calor que desaparece mientras se produce un cierto trabajo, depende de la cantidad de calor transportada del cuerpo caliente al cuerpo frío y de las temperaturas extremas. La concepción de Carnot y la concepción de Mayer son aquí modificadas y reunidas en una nueva forma.

El principio de Carnot condujo a W. Thomson a pensar que por dilatación y compresión isotérmicas del aire a 0°, puede producirse hielo sin trabajo. Pero el agua que al congelarse aumenta de volumen, suministra trabajo y según una nota de J. J. Thomson, este último trabajo no puede ser sacado de la nada. Para apartar las contradicciones, es necesario admitir que el punto de congelación desciende en una cantidad determinada cuando la presión aumenta: la experiencia lo ha verificado. Así, hasta en las *paradojas* mismas se encuentra la *fuerza impulsora más potente* para impulsar a la adaptación de

los pensamientos entre sí y conducir por ahí a nuevos esclarecimientos y a nuevos descubrimientos.

La adaptación de los pensamientos entre sí no es el fin de su tarea, cuando ha suprimido las contradicciones. Toda dispersión de la atención, toda sobrecarga de la memoria será desagradablemente experimentada, aun cuando no exista contradicción. Cada vez que se reconoce que alguna cosa desconocida y nueva es una combinación de cosas antiguamente conocidas; cada vez que se descubre que cosas que parecían de especies diferentes son de la misma especie; cada vez que se disminuye el número de pensamientos directrices necesarios; cada vez que se ordena en un grupo orgánico estos pensamientos directrices, según el principio de la permanencia y de la diferenciación suficiente, se experimentará un agradable alivio. El ordenamiento económico, armónico, orgánico de los pensamientos que sentimos como una necesidad biológica, excede en mucho esto que *lógicamente* exige la ausencia de contradicciones.

El sistema de Ptolomeo no contiene contradicciones; todos sus detalles son perfectamente compatibles unos con otros. Pero ahí tenemos una tierra inmóvil, con una esfera de estrellas fijas que giran como un todo y con los movimientos individuales del sol, de la luna y de los planetas. En el sistema de Copérnico, como en el de los antiguos, sus predecesores, todos los movimientos se reducen a rotaciones y a movimientos alrededor de un eje.

En las tres leyes de Kepler, no existen contradicciones, pero cuán agradable es la reducción a la ley *única* de la gravitación newtoniana, que abraza al mismo tiempo, con un *solo* punto de vista, la caída de los cuerpos a la superficie de la tierra, los fenómenos de la balística, las mareas, etc.

La refracción y la reflexión de la luz, las interferencias y la polarización forman capítulos especiales donde las teorías no entrañan contradicción. Relacionando todos

estos fenómenos a vibraciones transversales, Fresnel realiza sin embargo una gran simplificación y un progreso muy afortunado. Maxwell todavía lo ha simplificado mucho más, tratando toda la óptica como un capítulo de la electricidad.

La teoría de los cataclismos geológicos y las ideas de Cuvier sobre los períodos de la creación no encierran ninguna contradicción. Pero Lamarck, Lyell y Darwin que han propuesto una concepción más simple de la historia de la tierra, del reino animal y del reino vegetal, han hecho obra útil.

Después de estos ejemplos, las consideraciones de orden general no serán desplazadas. Fijadas bajo forma de juicios, los resultados de la adaptación de los pensamientos a los hechos son comparados entre sí y vienen a ser el objeto de un proceso de adaptación ulterior. Si ellos no son *conciliables*, los resultados menos bien establecidos cederán el paso a los resultados mejor establecidos. Naturalmente todo depende del conocimiento más o menos profundo del tema, de las experiencias más o menos completas y de las costumbres de pensamiento de aquel que tiene el juicio. Las vistas admitidas por los contemporáneos intervienen también en la *elección* del juicio, al cual se atribuirá una autoridad predominante frente a los otros. El físico o el químico competente no reconocerá, por ejemplo, ninguna autoridad a una idea que sea contraria a la hipótesis determinista y contraria al principio de conservación de la masa², mientras que un diletante, un inventor del movimiento continuo, encontrará menos dificultad en ello. En los tiempos de Newton había mucha inclinación por las *acciones a distancia*, aun cuando se las propusiera como cosas que todavía demandaban ser explicadas. Más tarde, el éxito hizo tan común esa noción que nadie formulaba objeción. Ac-

² Téngase presente la época en que Mach escribió este párrafo.

tualmente, se experimenta la necesidad demasiado fuerte de seguir todas las relaciones recíprocas en su continuidad a través del espacio y del tiempo, para poder aceptar las acciones a distancia sin intermediario. Seguidamente después de Black no se habría osado dudar de la conservación del calórico, mientras que cincuenta años más tarde existía una fuerte tendencia para renunciar a esa hipótesis. En general, todas las épocas tienen una *predilección* por los juicios, bajo la influencia de los cuales han alcanzado los *resultados* prácticos e intelectuales más considerables. Los grandes sabios, aquellos que ven lejos, a menudo están conducidos a entrar en lucha con las ideas de sus contemporáneos. Aportan una modificación: los juicios que hasta entonces eran predominantes, están obligados a sufrir un cotejo con nuevos juicios que se habían rechazado sin discusión, y todos los juicios son modificados. Los trabajos de Clausius y de W. Thomson en termodinámica y los trabajos de Faraday y de Maxwell en electricidad, nos ofrecen ejemplos.

Puede que los juicios que se presentan a la comparación sean ya *compatibles* y coexistan sin contradicción. Entonces una adaptación ulterior parece inútil. Pero aquí, todavía es la individualidad del pensador y su necesidad de estética y de lógica económica que hacen necesaria una elaboración ulterior más armoniosa. En muchas cabezas, las ideas más disparatadas son admitidas, si pertenecen a dominios que nunca están en contacto, por ejemplo, la incredulidad más profunda en un dominio y la más ingenua credulidad en otro. Esto se encuentra entre pensadores que según sus disposiciones y según la ocasión, hacen resonar diferentes registros en distintos casos, sin inquietarse por la armonía a establecer entre ciclos de pensamientos más extensos. Se encuentran en oposición con ellos sabios como Descartes, Newton, Leibniz, Darwin, etc.

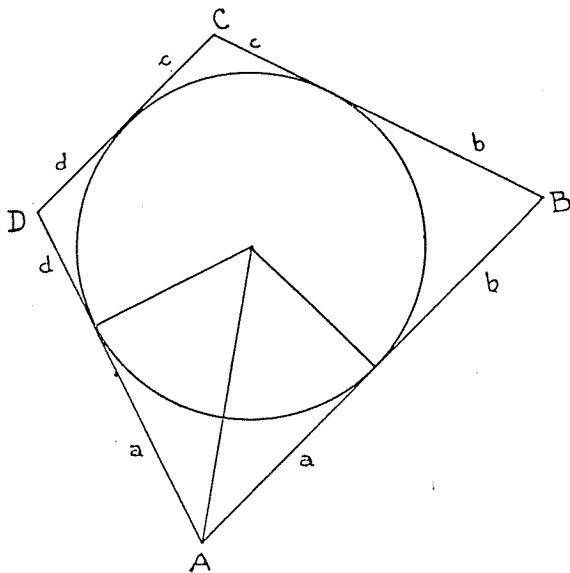
Se alcanza el ideal de la adaptación económica y orgá-

nica de los juicios compatibles en un tema, cuando se triunfa en encontrar el número mínimo de juicios simples, independientes, de los cuales todos los otros son consecuencias lógicas, es decir, de los cuales los otros se dejan deducir. La geometría de Euclides es el ejemplo de un sistema de juicios así dispuestos. Los juicios que se han deducido de esta manera han podido originariamente, ser encontrados por otro camino; es hasta el caso habitual. Entonces la deducción puede servir sea para hacer un juicio comprensible con la ayuda de juicios más simples y más familiares, es decir, para *explicarlos*; sea para establecer en forma indiscutible, basándose sobre un juicio más simple lo que se pone en duda, es decir, para *probarlo*. Si anteriormente no se conoce el juicio así deducido, si se lo encuentra por vez primera por la deducción, este juicio representa un *descubrimiento* hecho por vía deductiva.

Los objetos de la geometría, simples y familiares a todo el mundo, son muy propios para presentar ante los ojos en forma sorprendente la adaptación respectiva de los juicios. Tracemos a un círculo cuatro tangentes cualesquiera que formen el cuadrilátero ABCD.

No podríamos decir de un cuadrilátero cualquiera todo lo que podemos afirmar de éste, pues los lados de este cuadrilátero particular son tangentes al círculo y lo que decimos debe concordar con las proposiciones concernientes al círculo. Los radios del círculo, trazados por los puntos de contacto, son perpendiculares a los lados del cuadrilátero, y todos los otros puntos de estos lados están más alejados del centro que los puntos de contacto, y son exteriores al círculo. Las tangentes, trazadas desde un vértice cualquiera, son simétricas con relación a la recta que une este vértice con el centro y los dos segmentos situados entre el vértice y los puntos de contacto son iguales entre sí. Esto es verdadero para cada uno de los vértices. De donde se sigue que la suma de las longi-

tudes de dos lados opuestos es igual a la suma de las longitudes de los otros dos. Esta propiedad métrica no es verdadera mas que para cuadriláteros circunscritos al círculo. Si por ejemplo, en lugar de trazar AD, se completa el cuadrilátero con una secante o con una recta



exterior al círculo, es claro que esta propiedad ya no existe más. No se puede inscribir un círculo en un cuadrilátero cualquiera. El círculo a inscribir está en efecto, determinado ya por tres tangentes, es decir, por el punto de intersección de las bisectrices de los ángulos de estas tangentes. El cuarto lado hará intervenir condiciones que, en general, no son compatibles con las precedentes.

Combinaciones de juicios compatibles entre sí pueden ponerse fácilmente en forma de una explicación, de un problema, de una demostración o de un descubrimiento.

deductivo. No es más difícil presentarlos bajo la forma lógica de Aristóteles o de Euclides.

Las formas de la lógica han sido adquiridas por abstracción partiendo de ejemplos científicos reales. Pero todo ejemplo particular, geométrico u otro, puede mostrar claramente que el solo conocimiento de estas formas sería muy poco útil. En todos los casos, puede servir para controlar una sucesión de pensamientos dados, pero no para encontrar una nueva. El pensamiento no procede por formas vacías; le es necesario un contenido representado en forma viva, inmediatamente o por conceptos. En una deducción geométrica, la recta interviene tanto por su situación, tanto por su longitud, tanto como tangente, tanto como perpendicular al radio, tanto como elemento de una figura simétrica; en el paralelogramo es necesario considerar, tanto la superficie o la relación de los lados o de las diagonales como los ángulos. Aquel a quien todas estas relaciones intuitivas y abstractas no fueren familiares, aquel que no supiera transponerlas, aquel cuyo interés no estuviera dirigido en el buen camino hacia la relación presumida, ciertamente no podrá encontrar proposición geométrica nueva. Las formas lógicas vacías no pueden reemplazar el conocimiento de las cosas. Pero una ojeada sobre el álgebra y el lenguaje de los signos matemáticos nos muestra que hay gran beneficio en dirigir la atención sobre el pensamiento estudiado en sí mismo y en exponer simbólicamente las formas abstractas de las operaciones intelectuales. Quien no supiera, sin este recurso, emplear las formas de pensar correspondientes, no sacaría ningún beneficio. Pero tratándose de series íntegras de operaciones intelectuales que contienen, repetidas varias veces, estos modos de pensamiento u otros análogos, aportan por la introducción de su símbolo un alivio grande al trabajador y le permite conservar sus fuerzas para otros casos más importantes, a los que no podría llegar a fuerza de símbolos.

En realidad, los matemáticos han desarrollado, en el lenguaje de los signos matemáticos, un sistema lógico de símbolos de muy alto valor para el fin especial de su ciencia.

Las operaciones matemáticas son de una variedad que no puede encerrar el cuadro de la lógica de Aristóteles, a las clasificaciones muy simples. Se desarrolla también sobre el suelo de esta ciencia una verdadera lógica simbólica, más comprensiva, donde las operaciones no se limitan solamente a lo que es cuantitativo. Los comienzos remontan a Leibniz. Sólo los matemáticos como H. Grassmann, retoman las sendas trazadas por él.

CAPÍTULO XI

LA EXPERIMENTACIÓN MENTAL

Observando los cambios que sobrevienen a su alrededor, el hombre acumula las experiencias. Los cambios que más le interesan son aquellos sobre los cuales puede voluntariamente ejercer una influencia: éstos son aquellos que para él tienen la mayor importancia económica, práctica e intelectual y es sobre esos cambios que lleva la *experimentación*.

En cierta medida la experimentación puede ser considerada como innata; pueden observarse en el animal y en el niño formas rudimentarias de experiencias y aun en la investigación científica no puede pasarse en silencio el papel del instinto y del hábito. Pero al lado del instinto, la inteligencia puede estar interesada en distintos grados en la experimentación.

Fuera de la experimentación física, el hombre que llega a un desarrollo intelectual avanzado, recurre a menudo a la *experimentación mental*. Aquellos que hacen proyectos, aquellos que construyen castillos en España, romanceros y poetas que se dejan llevar por utopías sociales o técnicas, hacen experimentación mental; la hacen también el comerciante serio, el inventor reflexivo y el sabio. Todos se representan circunstancias diversas y relacionan a estas representaciones ciertas conjeturas. Pero los primeros combinan en su imaginación circunstancias que no se encuentran en la realidad, o bien se representan estas circunstancias como seguidas por consecuencias que

no tienen vínculos con ellas, mientras que el comerciante, el inventor y el sabio tienen como representaciones buenas imágenes de los hechos y permanecen en sus pensamientos muy próximos a la realidad.

Podemos encontrar, con el recuerdo, detalles que no habían atraído nuestra atención en el momento de la observación inmediata. Llega a descubrir en nuestros recuerdos un rasgo que revela súbitamente el carácter de un hombre, desconocido hasta entonces.

Tenemos nuestras representaciones en nuestra mano más fácilmente que los hechos físicos mismos y experimentamos con los pensamientos, por así decir, con menos gasto. Luego no debe admirarnos que la experimentación mental preceda a menudo a la experimentación física y la prepare. Es por ello que las investigaciones físicas de Aristóteles son en su mayor parte experimentaciones mentales, en las cuales se valorizan los tesoros de la experiencia conservados por el recuerdo y sobre todo por el lenguaje.

Pero la *experimentación mental es también una condición previa necesaria de la experimentación física*; todo experimentador, todo inventor debe tener en la cabeza su dispositivo antes de realizarlo materialmente. Stephenson conocía por experiencia el coche, los rieles y la máquina a vapor. Por lo tanto, antes de la realización, debió imaginar en su pensamiento esta combinación de un coche accionado por una máquina a vapor y colocada sobre rieles. Debe convenirse también en que Galileo comenzó por ver en su imaginación el ordenamiento que le permitiera estudiar el movimiento de caída. Todos aquellos que comienzan a experimentar se aperciben que si su cálculo previo es insuficiente, si desprecian causas de error, etc., esto puede tener para ellos desagradables consecuencias.

Es sólo cuando el hombre tiene ya una rica experiencia que la imaginación puede entrar en juego; entonces

la disposición del sabio, la dirección de sus pensamientos, el medio en que vive, deciden las asociaciones que efectivamente van a producirse. Es por reflexionar siempre sobre los hechos reales que la actividad del físico se distingue de la del poeta puro. Pero el pensamiento del físico generalmente es menos completo que la experiencia que esquematiza. A veces, una mirada echada retrospectivamente sobre experiencias anteriores y la ficción de nuevas combinaciones de circunstancias podrán instruirnos sobre la exactitud con que nuestros pensamientos representan las experiencias y sobre el grado de concordancia de los pensamientos entre sí. Se trata aquí de un procedimiento de depuración lógica y económica para estudiar el contenido de las experiencias puestas en forma de pensamientos. He aquí lo que demandamos: ¿qué circunstancias determinan un cierto resultado? ¿Qué circunstancias son dependientes o independientes unas de otras? Una mirada de conjunto nos proporciona más luz sobre estas cuestiones de lo que podría hacerlo la experiencia detallada. Nos muestra con nitidez como, teniendo en cuenta las experiencias, podemos evitar nuestras dificultades, nos hace ver cuáles son los pensamientos más simples que pueden ser llevados a la vez en concordancia entre sí y en concordancia con la experiencia. Llegamos *imaginándonos mentalmente la variación de los hechos*.

Puede suceder que el surgimiento de una experiencia mental sea bastante decisiva para que el autor, equivocado o con razón, juzgue inútil todo control exterior por la *experimentación física*. Pero cuanto más la conclusión de la experimentación mental es vacilante e indeterminada, más la experimentación mental impulsa a la experimentación física que aparece como su consecuencia natural para completarla y precisarla.

Vamos a considerar primeramente algunos ejemplos del primer género. Si se ha reconocido que algunas circunstancias no tienen influencia sobre un cierto resulta-

do, mentalmente se puede imaginar que ellas varían a voluntad, sin modificar ese resultado. Maniobrando hábilmente este procedimiento se llega a casos que, de primera intención, parecen esencialmente diferentes del caso que sirvió como punto de partida, es decir, se generaliza la concepción del comienzo.

Stevin y Galileo han empleado magistralmente este procedimiento en sus trabajos sobre la palanca y sobre el plano inclinado. También Poincaré lo utilizó: añadió a un sistema de fuerzas A dos sistemas B y C, estando elegido el sistema C de manera de equilibrar tanto a A como a B; es entonces llevado a reconocer que A y B son equivalentes, aunque por otra parte pudiesen ser muy diferentes. Los descubrimientos de Huygens relativos al choque, descansan sobre una experimentación mental. Partiendo de que el movimiento de los cuerpos circundantes y el punto de vista del espectador no tienen influencia sobre los cuerpos que se chocan, cambia el movimiento relativo del medio y el punto de vista del espectador. De esta manera, partiendo del caso más simple y más especial, llegó a generalizaciones importantes. Recordemos finalmente que en dióptrica un rayo luminoso es considerado tanto como perteneciendo a un haz de rayos que gozan de ciertas propiedades, como a otro.

Es necesario hacer variar las circunstancias que influyen sobre un resultado y lo que es mejor es imaginar una variación continua que pase revista a todos los casos posibles. Tomemos un ejemplo: una piedra cae a tierra. Hagamos crecer su distancia a la tierra. Es completamente natural admitir que la piedra, aun situada a la distancia de la luna, no perderá repentinamente su tendencia a caer. Una piedra grande cae como una pequeña. Si suponemos que la piedra ha llegado a ser tan grande como la luna, también la luna tiende a caer hacia la tierra. Imaginemos que la luna crezca hasta llegar a ser tan grande como la tierra: no podemos admitir que una

sea atraída hacia la otra, sin que la recíproca sea verdadera. La atracción es pues recíproca. Pero permanecerá recíproca también para cuerpos desiguales, pues se pasa de un caso al otro sin discontinuidad. Aquí se ven intervenir razones que no son puramente lógicas. Lógicamente las discontinuidades indicadas serían completamente concebibles, pero es absolutamente inverosímil que su existencia no nos sea revelada en alguna forma, y preferimos cuando ella es conciliable con la experiencia, la concepción que nos exige el menor esfuerzo psíquico.

Una piedra cae al lado de otra piedra. La luna y la tierra se componen de piedras. Todas las partes se atraen recíprocamente. La luna y la tierra no difieren esencialmente de los otros cuerpos del Universo; la gravitación es general. El movimiento de un planeta es el movimiento de un proyectil; pero la aceleración depende de su distancia al sol. La aceleración, aun en la superficie de la tierra, depende esencialmente de la distancia.

Encontramos pues el método de las variaciones en la base tanto de la experimentación mental como de la experimentación física. Por una variación continua tanto como sea posible, ampliamos los límites de la validez de una representación; modificando y especializando las circunstancias, modificamos y especializamos la representación.

Galileo es un maestro en esta clase de experimentación mental. Para explicar que las partículas de un peso específico considerable pueden flotar en el aire y en el agua, imagina un cubo dividido por tres secciones en ocho pequeños cubos; el peso actuante permanece el mismo después de esta operación; pero la sección y con ella la resistencia que el medio opone a la caída vienen a ser dobles, de tal manera que si se repite un cierto número de veces la operación, la resistencia viene a ser extremadamente grande. Galileo imagina también un animal uniformemente aumentado en todas sus dimensiones

y permaneciendo geoméricamente semejante a sí mismo, muestra que este animal debería hundirse bajo su peso que crecería como el cubo de sus dimensiones mientras que la solidez de los huesos no aumentaría sino en una relación bastante menor.

La sola experimentación mental es suficiente a menudo para llevar al absurdo una regla supuesta evidente. Si los cuerpos de mayor peso tienen realmente la propiedad de caer más rápido, debe admitirse, dice Galileo, que uniendo un cuerpo pesado a un cuerpo liviano, se obtiene un cuerpo que cae más lentamente, puesto que el cuerpo pesado será retardado por el cuerpo liviano y sin embargo el conjunto constituye un cuerpo más pesado. La pretendida regla se contradice ella misma, no es pues sostenible. Estas consideraciones han jugado un gran papel en la historia de la ciencia.

Por el pensamiento puede hacerse decrecer y finalmente *suprimir*, uno o varios elementos que tienen sobre un hecho una influencia cuantitativa, de modo que las otras circunstancias actúen solas. Este procedimiento importante, a menudo inaplicable desde el punto de vista físico, puede ser considerado como una idealización o una abstracción. Imaginemos que el frotamiento de un cuerpo impulsado sobre un camino horizontal disminuye hasta desaparecer; llegamos así a figurarnos un cuerpo animado de un movimiento uniforme sin resistencia exterior. En la realidad, este caso no puede producirse. Apelt señala también con razón que la ley de inercia ha sido descubierta por abstracción, se ha llegado a ella por la experimentación mental y el método de la variación continua.

Todas las nociones y leyes físicas generales, la noción de radiación, las leyes de la dióptrica, la ley de Mariotte, etc., son adquiridas por idealización. Por ahí toman esta forma general simple y al mismo tiempo poco determinada, que permite reconstituir un hecho cual-

quiera aunque sea complicado, es decir, comprender con la ayuda de una combinación sintética, estas nociones y estas leyes. Citemos como ejemplos las consideraciones de Carnot sobre los cuerpos absolutamente malos conductores, sobre la igualdad completa de temperatura de los cuerpos en contacto, sobre los *procesos* irreversibles, y la noción de cuerpo absolutamente negro, introducida por Kirchhoff.

La experiencia grosera e instintiva nos da imágenes bastante poco determinadas del mundo. Nos enseña, por ejemplo, que los cuerpos pesados no ascienden por sí mismos, que los cuerpos de la misma temperatura colocados uno frente al otro, conservan la misma temperatura, etc. Estos resultados de la experiencia parecen poca cosa, pero son tanto más seguros cuanto descansan sobre una base más amplia. La experimentación cuantitativa, conducida con método, da detalles bastantes más completos, pero cuando las unimos a estas experiencias groseras es que las representaciones cuantitativas que le debemos, ganan más solidez. Así, por una experimentación mental que ha permanecido clásica, Stevin adapta sus representaciones cuantitativas para el plano inclinado, y Galileo las suyas, para la caída de los cuerpos, a esta experiencia grosera sobre los cuerpos pesados. Se puede citar todavía a Fourier para las leyes de radiación y a Kirchhoff para la relación entre la absorción y la emisión del calor. Es buscando generalizar una experiencia concerniente a los cuerpos pesados y adaptar una representación cuantitativa, que Carnot encuentra su importante proposición y realiza así la más notable experimentación mental. Su método ha venido a ser de inagotable fecundidad en las manos de James y William Thomson.

Es la naturaleza de la experiencia anteriormente adquirida lo que hace el éxito de una experimentación mental. Un cuerpo frío recibe calor de un cuerpo caliente que lo toca; un cuerpo que se funde o que hierve que esté

en contacto con un cuerpo caliente, sin embargo no aumenta su temperatura: desde ese momento no es dudoso para Black que por el pasaje de un cuerpo al estado de vapor o de líquido, el calor viene a ser latente. Es ahí donde se detiene la experimentación mental, y Black no puede determinar el *valor* del calor latente, más que por una experimentación física. Mayer y Joule llegaron por la experimentación mental a la noción de equivalencia, pero fué necesario que Joule determinase el valor numérico con una experiencia física, mientras que Mayer triunfaba en deducirlo de números *ya conocidos*.

Si la experimentación mental no nos conduce a ningún resultado bien determinado, antes de pasar a la experimentación física tenemos la costumbre de tratar de *adivinar* ese resultado y aceptamos provisoriamente una determinación aproximada. Esta manera de actuar no tiene nada de anticientífica y ejemplos clásicos nos permitirán explicar este procedimiento natural. Veremos claramente, examinando de cerca, que a menudo determina sólo la forma de la experimentación física, consecuencia natural de la experimentación mental.

Antes que Galileo estudiase la caída de los cuerpos, no conocía sino por sus observaciones y sus reflexiones el aumento de la velocidad y debió hacer una hipótesis sobre la naturaleza de esta aceleración: únicamente cuando busca verificar las consecuencias extraídas de esta hipótesis, es que su experimentación se hace posible. Ello se debe a que la conclusión analítica de la ley de los espacios partiendo de la ley de las velocidades era más difícil que la conclusión analítica inversa. Frecuentemente el proceso analítico, debido a su indeterminación, es muy difícil de aplicar y la situación en que se encontraba Galileo no es única en la ciencia. La regla de las mezclas de Richmann, la periodicidad sinusoidal de la luz y muchas otras concepciones físicas importantes han sido adivinadas.

El método que consiste en adivinar el resultado de una serie de experiencias tiene también un alto valor *didáctico*. Mientras que algunos alumnos llegan aproximadamente a lo que es más verosímil, otros conjeturan resultados asombrosos. La mayor parte de las veces se cree que debe llegarse a lo que está más conforme con lo que ya se conoce. Así, en el Menón de Platón, el esclavo cree que duplicando el lado del cuadrado se duplica la superficie; igualmente, nuestros alumnos dicen espontáneamente que si se duplica la longitud de un péndulo, el período de oscilación viene a ser dos veces mayor, y el alumno más adelantado puede cometer errores análogos aun cuando menos sorprendentes. Pero estos errores permiten captar bien la diferencia entre lo que es determinado lógicamente o físicamente, y lo que resulta de una pura analogía; enseñan también a distinguir lo que puede ser adivinado de aquello que absolutamente no puede serlo.

Los procesos descritos aquí separadamente, pueden intervenir simultáneamente y combinarse. Representándose el papel que juegan los recuerdos en la construcción de la Ciencia, se comprende que Platón haya sido conducido a pensar que todo lo que se estudia y todo lo que se aprende no sea sino un recuerdo.

La experimentación mental, tan importante para el físico profesional, es también necesaria para el desarrollo psíquico del individuo. ¿Cómo aparece primeramente? ¿Cómo puede en seguida desarrollarse en un método empleado voluntariamente, conscientemente e inteligentemente? Lo mismo que cada movimiento, antes de pasar a ser un movimiento voluntario, debió presentarse por azar y como un movimiento reflejo, igualmente en circunstancias *convenientes*, se produce una modificación *irreflexiva* de los pensamientos y esta modificación, una vez percibida, adquiere el carácter de un hábito persis-

tente. Es por la *paradoja* que más naturalmente se llega a ello.

No solamente la paradoja nos hace sentir más vivamente la naturaleza de una cuestión cuyo contenido plantea ya un problema, sino que los elementos contradictorios no dejan más a nuestros pensamientos en descanso, ellos son el punto de partida del proceso que hemos llamado experimentación mental. Para darnos cuenta, supongamos que por primera vez oímos una de las perjudiciales preguntas clásicas, tal como: una mosca se ha introducido en un frasco tarado y cerrado; ¿qué sucede si se pone a revolotear en el interior del frasco? O bien refirámonos a dos hechos históricos importantes: la aparente incompatibilidad de los principios de Carnot y de Mayer y la oposición entre los fenómenos de la polarización cromática y las interferencias. La acción de la paradoja es ejercitada en un caso en Clausius y Thomson, como en Young y Fresnel en el otro. Por el análisis de los trabajos de los otros y de los suyos propios, todo investigador puede ver hasta qué punto el éxito o el fracaso siempre dependen de que *todo* el esfuerzo haya sido o no aplicado a los puntos *paradojales*.

La experimentación mental, tan importante en física, lo es también en todas las ramas de la Ciencia, aun hasta allí donde los profanos menos esperarían encontrarla: en matemática. Por un método de investigación, Euler da enteramente la impresión de un experimentador que por primera vez estudia un tópico nuevo. No debemos dejarnos engañar por la forma, aun cuando la exposición de una ciencia sea puramente deductiva. En matemática necesitamos tener una construcción de pensamientos edificada anteriormente, siendo bien conocido y familiar del autor el resultado de experimentaciones mentales anteriores. Es así que son establecidas todas las definiciones, todas las pruebas, todas las deducciones.

La historia de la ciencia pone en plena evidencia el

hecho de que la matemática, aritmética y geometría, se han desarrollado como sucesión de una fortuita colección de experiencias aisladas sobre objetos materiales que se podían contar y medir. Todos aquellos que han intentado resolver problemas matemáticos o integrar ecuaciones, reconocerán sin dificultad que un experimentación mental precede a la solución definitiva. El método de los coeficientes determinados, tan fecundo e históricamente ~~tan~~ importante, propiamente hablando es un método experimental.

Quien describe un círculo nota que a todo radio inclinado hacia la izquierda a partir de una posición inicial fija cualquiera, corresponde un radio igualmente inclinado hacia la derecha y que el círculo es completamente simétrico; todo diámetro es un eje de simetría, etc. El movimiento de las figuras, su deformación continua, la disminución o el aumento ilimitado de elementos particulares, son aquí los medios que vivifican la investigación y nos conducen a nuevas vistas.

Es natural admitir que es justamente en este dominio científico tan simple, tan fértil y tan fácilmente accesible, que los *métodos* de la experimentación *física* y de la experimentación *mental* son primeramente desarrollados para pasar de ahí a las otras ciencias. Esta opinión sería seguramente mucho más extendida si la enseñanza de las matemáticas elementales no se hiciera corrientemente con cuadros dogmáticos fijos, en forma de proposiciones, donde el método *heurístico* es disimulado en forma tan reprobable.

En realidad no existe abismo entre la experimentación y la deducción: siempre se trata de adaptar los pensamientos a los hechos y los pensamientos unos con otros. Un ensayo que no proporciona el resultado esperado puede ser muy desventajoso para el técnico que construye; pero el investigador sobre todo verá la prueba de que las ideas no corresponden exactamente a los hechos.

Un desacuerdo que se expresa en forma nítida puede conducir precisamente a nuevos esclarecimientos y a nuevos descubrimientos.

El estrecho vínculo entre el pensamiento y la experiencia es la base de la ciencia moderna. La experiencia despierta un pensamiento que, comparado nuevamente con la experiencia luego modificada, constituye una nueva concepción a la cual se aplica el mismo procedimiento. Este desarrollo puede absorber la actividad de varias generaciones antes de que pueda ser completado.

Frecuentemente se oye decir que la investigación científica no puede enseñarse. Esto es verdad en cierto sentido: los cuadros de la *lógica formal*, aun aquellos de la *lógica inductiva* no pueden ser muy útiles pues las situaciones intelectuales nunca se repiten exactamente. Pero los ejemplos de los grandes investigadores son muy sugestivos y es ciertamente muy provechoso practicar su ejemplo en la experimentación mental. Actualmente, resolvemos con facilidad problemas que para los investigadores de antes habrían presentado grandes dificultades.

CAPÍTULO XII

LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA Y SUS GUÍAS

Puede definirse la experimentación física como la búsqueda *autónoma* de nuevas reacciones o de nuevas relaciones. Ya la hemos visto intervenir como consecuencia natural de la experimentación mental en los casos en que ésta no podía decidir sino difícilmente, incompletamente o en forma alguna.

Una observación fortuita puede también llevarnos a investigar nuevas reacciones y nuevas relaciones: podemos observarlo en los animales y en nosotros mismos, si prestamos alguna atención. En estos casos, tenemos el derecho de hablar de una experimentación instintiva.

Pero si una observación fortuita nos recuerda en forma desacostumbrada una relación ya conocida, todavía más, si ella se encuentra en *oposición* manifiesta con aquello a que estamos habituados, ella nos impulsa a la experimentación física. Los casos de este género son numerosos: citemos solamente la lámpara en que Galileo observa las oscilaciones, las franjas coloreadas que nota Grimaldi, los colores de las pompas de jabón de Boyle y de Hooke, la rana de Galvani, la aguja magnética donde un disco de cobre amortigua las oscilaciones, etc. Todos los experimentadores pueden encontrar en sus propios recuerdos ejemplos análogos. He citado los precedentes a causa de su importancia histórica y de sus consecuencias.

La experimentación física y la observación metódica

siempre son guiadas por el pensamiento y no pueden ser separadas netamente de la experimentación mental. Encontraremos las ideas directrices estudiando los trabajos de los investigadores, pero no tenemos la pretensión de dar una exposición completa.

Lo que la experimentación puede hacernos conocer, es la *dependencia* relativa de los elementos de un fenómeno, o su *independencia*. El método fundamental es el método de las variaciones. Si hacemos variar arbitrariamente un cierto grupo de elementos, o un solo elemento, los otros elementos variarán al mismo tiempo. Si podemos hacer variar cada elemento aisladamente, la tarea será relativamente fácil pero en general, los elementos son agrupados de tal manera que varios de ellos varían simultáneamente. Entonces se hace necesario recurrir a combinaciones de variaciones. Cuando el número de los elementos aumenta, el número de combinaciones a ensayar crece tan rápidamente, que el estudio sistemático del problema viene a ser prácticamente imposible. Sin un cierto hábito, que nos viene de las observaciones fortuitas, la experimentación casi siempre sería impotente. La experiencia, adquirida en servicio de nuestras necesidades biológicas, nos facilita esencialmente el trabajo proporcionándonos una idea grosera de las relaciones más importantes y cuando comenzamos una investigación experimental, sabemos poco más o menos, cuáles son las circunstancias a descuidar provisoriamente.

Debemos distinguir entre las *relaciones cualitativas* y las *relaciones cuantitativas*. Un cierto rojo y un cierto verde dan el blanco, mientras que el rojo y el azul dan el violeta: he ahí relaciones cualitativas. Al contrario, la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción es cuantitativa. Estos dos ángulos no son tan distintos el uno del otro como el rojo y el verde; se dejan descomponer en elementos iguales y no se diferencian uno del otro más que por el número de estos elementos.

La relación cuantitativa es un caso particular más simple de la relación cualitativa. Cuando hemos encontrado una ecuación que nos permite deducir del número de elementos del ángulo de incidencia el de los elementos del ángulo de refracción ($\text{seno } \alpha = n \text{ seno } \beta$), hemos sustituido con gran ventaja el empleo de una fórmula a la necesidad de consultar tablas construídas de antemano.

En lugar de describir en detalle como las radiaciones luminosas diversamente coloreadas son refractadas en el prisma, podemos caracterizar la calidad del color por la longitud de onda (o el ancho de las franjas de interferencia) y encontrar una fórmula que nos proporcione los índices de refracción en función de las longitudes de onda. Las ciencias tienden a reemplazar tanto como sea posible las relaciones cualitativas por relaciones cuantitativas.

Es muy importante *apartar* lo que disimula o turba la relación que se busca. Para estudiar la refracción de la luz por un prisma, Newton experimenta en una cámara oscura; no deja entrar más que un delgado pincel de luz solar; por medio de una lente, forma una pequeña imagen luminosa y finalmente obtiene yuxtapuestas, las imágenes correspondientes a los rayos de diferentes colores.

Siempre los grandes experimentadores han buscado apartar todas las influencias extrañas, *simplificando* su dispositivo práctico. Sus escritos son ricos en ejemplos de esta clase y nada podría reemplazar su lectura.

Galileo pone en evidencia la acción recíproca de los imanes, colocándolos en pequeños tubos de vidrio que flotaban en el agua. Después de haber calculado la velocidad del sonido controla experimentalmente su resultado y hace sus observaciones en una larga galería, observando el eco múltiple y sirviéndose de un péndulo de longitud variable. Los aparatos de Ampère, de Faraday, de Bunsen, son modelos de simplicidad y de conveniencia.

Pero no es necesario buscar solamente la simplicidad

en las experiencias que se proyectan a voluntad; es necesario aprender de los grandes investigadores a ver en los fenómenos más comunes, otra cosa que banalidades sin interés. La atención estimulada hacia un objetivo determinado puede sorprender, aun en la vida diaria, las huellas de importantes relaciones y mientras no se ha adquirido esa capacidad, se tiene dificultad para hacer descubrimientos por vía experimental.

Huygens observó pequeños trozos de lacre que se reunían en el eje de rotación en el fondo de una masa de agua agitada en torbellinos y el fenómeno le hizo pensar en la gravitación. La imagen extremadamente nítida de patas de moscas muy delgadas, iluminadas por luz monocromática y vistas a través de un prisma, es para Newton la prueba de que la luz monocromática no es descompuesta por el prisma. Experiencias efectuadas con utensillos corrientes, como los que Tisandier ha descrito, son muy interesantes, puesto que agudizan la mirada y la dirigen hacia tópicos a los cuales comúnmente no se presta ninguna atención.

Si dos elementos dependen uno del otro, la suposición más simple a hacer es que varían en el mismo sentido, que se anulan al mismo tiempo y cambian de signo al mismo tiempo. Esto se podría llamar *paralelismo*.

Si un elemento no tiene sobre otro elemento más que una influencia débil, de tal manera que las variaciones del segundo sean difícilmente observables, conviene reforzarlas. Galileo, queriendo poner en vibración una pesada campana, ya utilizó el fenómeno de la suma de los efectos, comunicándole siempre en la misma fase de su oscilación, pequeños impulsos; y de esta manera explicó el fenómeno de resonancia. Actualmente se recurre al mismo procedimiento para obtener, por el método balístico, fuertes desviaciones de la aguja de un galvanómetro con corrientes muy débiles. Se aumenta la desviación de la aguja de un galvanómetro multiplicando

el número de espiras de la bobina. En su refractómetro interferencial, Fresnel hace recorrer a la luz caminos bastante largos para tener una notable diferencia de camino en el aire seco y en el aire húmedo. Faraday hace reflejar varias veces el rayo polarizado en la dirección de las líneas de fuerza magnética. He ahí ejemplos de la *suma de los efectos*.

Cuando la determinación *directa* de un elemento es poco cómoda, difícil o imposible, a veces se *sustituye* este elemento por otro conocido equivalente. Para determinar la resistencia de un conductor, se instala en su lugar un hilo de longitud tal que todos los fenómenos permanezcan inalterados. Si Hirn al hacer sus experiencias sobre las cantidades de calor producidas por un hombre trabajando y un hombre en reposo, introdujese en su gran calorímetro a un hombre que podía accionar una rueda o permanecer tranquilo, la cantidad de calor producida sería muy difícil de determinar directamente. Hirn hizo sus experiencias comparativas reemplazando al hombre por un pico de gas reglado de manera de producir, en el mismo tiempo, el mismo efecto sobre el calorímetro y el consumo de gas le proporciona fácilmente la cantidad de calor producida.

El método de *compensación* es también empleado para efectuar determinaciones indirectas. Se agrega al elemento difícil de determinar otro elemento fácil de determinar que lo compense. Por ejemplo, dos rayos que presenten una gran diferencia de camino no dan franjas de interferencia; puede compensarse esta diferencia de marcha intercalando una lámina de vidrio de espesor conocido sobre el trayecto del rayo que no ha sido retardado y se determina indirectamente la diferencia de camino. Puede llevarse a cero la desviación producida sobre el galvanómetro por una pila termoelectrónica calentada por una radiación desconocida, haciendo actuar sobre la otra cara de la pila una radiación conocida.

El empleo de la compensación es importante todavía desde otro punto de vista. Si A actúa sobre B determinando la intervención de N, que a su vez actúa sobre B, la relación que existe simplemente entre A y B se encuentra turbada; entonces es necesario compensar a N. Por ejemplo, Jamin hace pasar dos rayos a través de tubos llenos de agua, de igual longitud. Si se comprime el agua en un tubo, el haz luminoso correspondiente es instantáneamente retardado; pero este retardo obedece en parte a que el tubo se ha alargado un poco. Jamin compensa aproximadamente esta última circunstancia colocando los dos tubos en cuestión en un tubo más grande y lleno de agua a la presión ordinaria.

También se recurre al principio de compensación en la técnica y en las aplicaciones prácticas, cuando se trata de mantener constantes ciertas magnitudes, por ejemplo, la longitud de un péndulo.

La sustitución y particularmente la compensación conducen a los *métodos* llamados de *ceros*. Supongamos que se quiere estudiar pequeñas variaciones de B dependientes de las variaciones de A: se realiza la sensibilidad máxima compensando B de tal manera que no sea perceptible sino cuando A experimente variaciones a partir de cierto valor. Por ejemplo, A es la temperatura de un cuerpo cuya resistencia eléctrica B depende de la temperatura; se instala un galvanómetro donde la desviación se compense por la interposición de una resistencia igual (dispositivo del puente de Wheatstone). Desde que B aumenta como consecuencia de la elevación de la temperatura A, suponiendo, por supuesto, que la resistencia compensadora no varíe, la variación de B es prontamente indicada por una desviación del galvanómetro (bolómetro). Si sobre una placa atravesada por una corriente, se eligen dos puntos situados sobre una línea equipotencial y se unen estos puntos a los bornes de un galvanómetro, la aguja permanece en cero. Los más pequeños desplaza-

mientos disimétricos de las líneas equipotenciales, por ejemplo, debidos a una variación magnética de la placa, dan lugar inmediatamente a una desviación de la aguja (fenómeno de Hall). La aplicación del compensador de Soleil a las investigaciones polarimétricas es también un ejemplo del método a cero.

Naturalmente, se debe estudiar de una manera indirecta los fenómenos demasiado rápidos para poder ser observados directamente. Para esto se emplea el método de *composición*, en el cual el fenómeno desconocido da una componente que, con otra componente conocida, suministra una resultante observable. Es el principio del aparato de Morin para la caída de los cuerpos y del espejo giratorio de Wollaston. Perfeccionando el procedimiento del espejo giratorio, Feddersen llegó a hacer el estudio exacto de las oscilaciones eléctricas. Mencionemos además el método de Foucault para la medida de la velocidad de la luz y las numerosas aplicaciones en acústica del espejo giratorio. Es completamente natural elegir, para constituir la componente conocida, un rayo luminoso cuyo movimiento no influye en forma alguna en el fenómeno a estudiar.

Un interés especial se liga a las experiencias que no nos hacen conocer la dependencia de los valores de dos elementos A y B, pero para los cuales adquirimos una vista de conjunto sobre todo un sistema de valores dependientes unos de otros. Cuando Newton desplaza en el espectro los vidrios productores de anillos y observa la aproximación de estos anillos desde el rojo al violeta, hace una experiencia de esta clase. Si se producen fenómenos de difracción con una hendidura estrecha y muy corta y si con ayuda de un prisma, se extiende el espectro en el sentido de la hendidura, es decir, perpendicularmente a la dirección de la difracción, se obtiene simultáneamente los fenómenos de difracción monocromática para todos los colores. Estas son experiencias *colectivas*.

Cuando se experimenta, siempre es necesario prestar mucha atención a los posibles errores para no hacer una falsa interpretación y esto es particularmente necesario cuando no se esperan sino pequeñas indicaciones. Cuando Faraday estudiaba la influencia de un potente electroimán sobre sustancias débilmente magnéticas, verificó desde el punto de vista magnético, todos los soportes (papel, vidrio, etc.) en que colocaba los cuerpos a estudiar; solamente cuando estuvo seguro que los soportes no ejercían acción, acuerda su confianza a las experiencias hechas con la sustancia misma. Una experiencia, en la cual se aparta así el objeto que se quiere estudiar, se llama una experiencia *en blanco* (Blinder Versuch). Antes de servirse de un aparato de Marsh para investigar el arsénico contenido en una sustancia, el químico comienza por verificar que los caracteres del arsénico no se manifiesten hasta que no haya colocado en el aparato la sustancia a estudiar.

La historia de la Ciencia nos enseña que las experiencias que dan un *resultado negativo* nunca deben ser consideradas como definitivas. Con sus balanzas, Hooke no pudo mostrar que el peso de un cuerpo depende de su distancia a la tierra; hoy lo hacemos fácilmente con balanzas más sensibles. Herschel no pudo observar la rotación del plano de polarización magnética, Faraday triunfó en ponerlo en evidencia.

Las diferentes guías aquí indicadas son extraídas de experiencias que realmente han sido hechas, pero nuestra exposición no es completa, pues los sabios geniales encontrarán siempre nuevas.

Varios de estos *leit-motifs* pueden encontrarse reunidos. En los métodos de Fizeau y de Foucault para la medida de la velocidad de la luz, intervienen con la composición y la suma de los efectos, el cuidado de fijar en el tiempo un fenómeno momentáneo: Fizeau mide máximos y mínimos de la intensidad luminosa y Foucault observa

desplazamientos de imágenes. Máximos, mínimos y desplazamientos de imágenes dependen de la velocidad que se busca.

Todas nuestras ideas provienen de experiencias anteriores y pueden modificarse por experiencias a realizarse. ¿En qué medida pueden considerarse exactas? ¿En qué medida serán eventualmente modificadas, si las circunstancias cambian? Estas preguntas generales son de la más alta importancia para el sabio que aborda las investigaciones experimentales.

Se está especialmente tentado de esperar en otras casos análogos los resultados ya encontrados para un caso conocido. La analogía entre el calor y la electricidad, los fenómenos de difusión y los fenómenos mecánicos, etc., han sugerido numerosas experiencias. Los imanes actúan uno sobre el otro. Una corriente actúa sobre un imán como si fuera otro imán. ¿Las corrientes actuarán entre sí como los imanes? Arago ha hecho notar que, en estas circunstancias de analogía, es necesario tener cuenta muy grande de las diferencias. Un imán y un trozo de hierro dulce se atraen recíprocamente y entonces el hierro dulce se comporta como un imán, pero dos trozos de hierro dulce permanecen indiferentes uno con relación al otro. Además, la corriente y el hierro dulce no se comportan en la misma forma frente al imán; existe para uno una polarización que no existe en el otro.

Se tiene el derecho de pensar en la posibilidad de una oposición cuando ciertos fenómenos se presentan en grados diversos, por ejemplo, cuerpos presentando grados diferentes de magnetismo, nos hacen pensar en el diamagnetismo. Conociendo una clase de doble refracción que se llama negativa, se busca la doble refracción positiva. Realmente no se han encontrado por esta vía todos los fenómenos que habría podido indicar, pero se han descubierto varios al azar: al lado de una clase de electricidad ya conocida, Du Fay encontró otra.

El contraste que al comienzo se cree ver no es forzosamente real. Actualmente no se considera más al magnetismo y al diamagnetismo como opuesto el uno al otro, sino que simplemente se ve grados distintos de magnetismos con relación al medio circundante y la ascensión de ciertos cuerpos en el aire no se atribuye más a una aceleración negativa sino solamente a que su peso específico es menor que el del aire. Otro tanto puede decirse del calor y del frío, de las electricidades positiva y negativa. Por otra parte, éstas son modificaciones que entran en el dominio de la teoría.

Cuando las circunstancias de un hecho varían en forma continua, esperamos ver que los resultados experimentales varíen en forma *continua*. Hay un paso continuo de los sólidos a los líquidos desde el punto de vista de la rigidez y de la viscosidad. Una presión desigual en distintas direcciones comunica a los cuerpos sólidos la doble refracción. Se está pues en el derecho de pensar que sometidos a una tracción o a una presión conveniente, los cuerpos plásticos y los líquidos viscosos presentarán una doble refracción y realmente se la ha observado. Puesto que no existe ningún líquido completamente exento de rigidez y de viscosidad, únicamente la magnitud de las fuerzas y la velocidad de las deformaciones permitirán que pueda observarse la doble refracción. Recordemos además, el estrecho parentesco que existe entre los gases y los vapores desde el punto de vista de la licuación por presión y por enfriamiento.

Cuando se hacen variar las circunstancias en que se produce un fenómeno, se busca estudiarlo para sus *valores extremos*; por ejemplo, se busca para las más altas y las más bajas temperaturas cuáles son la dureza de un cuerpo estudiado, su elasticidad, su resistencia eléctrica, etcétera. Se estudian las propiedades del vacío más perfecto que es posible obtener, las longitudes de onda luminosas

más largas y más cortas, etc. Siempre estas investigaciones son fecundas.

Un gas que se calienta se dilata, un gas que se dilata bajo presión, se enfría. La corriente actúa sobre el polo magnético y el polo magnético actúa sobre la corriente en sentido inverso. La corriente continua imanta al hierro y un imán que se aproxima a un circuito, o cuya intensidad magnética varía, provoca en el circuito durante toda la duración del cambio, una corriente que tiende a alejar el imán o a debilitarlo. Cuando la corriente termoeléctrica de Seebeck atraviesa la soldadura caliente yendo de un metal M a un metal N, la corriente que va de M a N enfría la soldadura (Peltier).

Estos son ejemplos de *fenómenos inversos* y podemos presentarlos en la forma esquemática siguiente: si A rige la producción de B, inversamente, B rige la producción del fenómeno inverso de A. Ahí tenemos una buena guía de la experimentación, pero no se han descubierto por este camino todos los fenómenos a que habría podido conducir.

Peltier no buscaba el fenómeno inverso del fenómeno de Seebeck; pensaba en una influencia de la conductibilidad calorífica de los metales en la experiencia de Seebeck. Calentando por medio de una corriente los metales de la pila termoeléctrica, encontró en la temperatura de las soldaduras una desigualdad dependiente del sentido de la corriente. Si se introduce una varilla de bismuto y una varilla de antimonio un poco grandes en el depósito de un termómetro de aire, se observa un calentamiento cuando la corriente positiva va del antimonio al bismuto y un inesperado enfriamiento cuando pasa en sentido inverso.

Cuando investigamos el fenómeno inverso, la guía que acabamos de señalar puede muy bien darnos una indicación pero no conducirnos a él. Una corriente continua

puede bien crear un imán, pero un imán constante en reposo no puede dar nacimiento a una corriente, lo que representaría un trabajo sin gasto de energía equivalente. Únicamente la asociación del principio de la energía y de la ley de inversión nos proporciona un sistema completo de fenómenos directos e inversos. Nos es necesario además de nuestra guía, experiencias especiales. Ello se debe a que en los fenómenos estudiados, raramente tenemos relaciones simples e inmediatas. Cuando dos cuerpos actúan uno sobre el otro sin intermediarios, es a expensas de uno de ellos que se efectúa cualquier modificación del otro. Si todas las relaciones fuesen simples, la guía en cuestión nos conduciría a ellas con toda seguridad. Cuando las relaciones recíprocas de los fenómenos son más complicados, ya no podemos encontrar directamente el fenómeno inverso.



CAPÍTULO XIII

LA SIMILITUD Y LA ANALOGÍA CAUSAS
DIRECTORAS DE LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA

La similitud es una identidad parcial: entre los caracteres de los objetos semejantes, unos son idénticos y otros distintos.

La analogía es un caso particular de similitud. Sin que uno solo de los caracteres perceptibles sea idéntico en dos objetos, pueden existir entre los caracteres de un objeto relaciones que se encuentran idénticamente entre los caracteres del otro. Puede decirse que la analogía es una similitud abstracta. La observación sensible inmediata puede no descubrir la analogía; esta no se manifiesta más que por la comparación de relaciones abstractas entre los caracteres de dos objetos.

Maxwell ha dicho: "Entiendo por analogía física una similitud parcial existente entre dos clases de fenómenos, que hace que cada una de ellas *ilustre* a la otra". Esto es menos una definición de la analogía que el poner de relieve su propiedad más interesante para el sabio. Las ideas de Maxwell no difieren en su esencia de las expuestas aquí.

Notemos que entre los objetos cuya similitud se ofrece inmediatamente a la observación sensible, puede existir también una analogía que pase desapercibida.

La similitud de distintos objetos, observada por los sentidos, ya provoca involuntariamente e inconsciente-

mente reacciones motrices similares frente a esos objetos. También el intelecto se comporta así frente a objetos semejantes: la historia de la civilización lo evidencia ampliamente. Pero cuando el pensamiento abstracto ha adquirido un desarrollo más profundo, el esfuerzo consciente que busca liberar al hombre de toda dificultad práctica o intelectual, se deja guiar tanto por las similitudes como por las analogías más profundas.

Parece que ante todo se ha reconocido la utilidad de la analogía en la matemática para explicar o simplificar los conocimientos ya adquiridos y para encontrar otros nuevos. Aristóteles vincula la analogía a las relaciones cuantitativas de proporcionalidad, pero ya los primeros geómetras habían debido encontrar analogías más simples. Euclides llama superficie y lados al producto de dos números y a estos factores; llama cuadrado o cubo, al producto de dos o tres factores iguales. Cuando Platón habla de geometría se expresa en forma semejante.

La invención del álgebra supone el conocimiento de la analogía de las operaciones del cálculo, a pesar de la diversidad de los números que entren.

La geometría cartesiana utiliza mucho la analogía entre el álgebra y la geometría; la mecánica de Grassmann recurre a la analogía entre línea y fuerzas, superficies y momentos, etc. Todas las aplicaciones de la matemática en la física descansan sobre consideraciones de analogía entre los fenómenos de la naturaleza y las operaciones del cálculo.

No sabemos casi nada sobre la forma en que se edificó la ciencia antigua. Los resultados más importantes son los únicos que nos han llegado y el ejemplo de Euclides nos hace ver que la forma de la exposición a menudo oculta los caminos de la investigación. Desgraciadamente para el interés de la ciencia, y bajo el pretexto de un rigor mal ubicado, a menudo se ha imitado ese viejo ejemplo, y eso hasta en los tiempos modernos. Sin em-

bargo, una idea se encuentra mejor establecida cuando se conocen los motivos que han conducido a ella y el camino por el cual se ha llegado. No tiene del vínculo lógico con los pensamientos más antiguos, más familiares y no discutidos, más que una parte de su solidez: pero si las causas que han conducido a esa idea están claramente expuestas, subsistirá mientras estas causas conserven su valor y, por otra parte, dejará de ser considerada desde que esas causas se reconozcan como caducas.

El incomparable encanto de los escritos de los sabios del Renacimiento y el provecho tan particular que extraemos de su lectura, obedece a que estos grandes hombres sin ninguna segunda intención de mezuquino disimulo, felices con sus investigaciones y sus descubrimientos, nos enseñan cómo han llegado a desenmarañar los hechos. Copérnico, Stevin, Galileo, Gilbert, Kepler, por el ejemplo de los grandes resultados a que llegaron nos enseñan con toda simplicidad los *leit-motifs* de la investigación científica. Encontramos los distintos métodos: experimentación física y experimentación mental, analogía, principios de simplicidad y de continuidad.

La ciencia de esa época se caracteriza además por una particular tendencia a la abstracción. Casi siempre el sabio antiguo se constriñe a conocimientos de detalles pero aquel que posee un patrimonio más rico está en mejor postura. Puede echar una mirada de conjunto sobre tesoros que ya le son familiares y descubrir rasgos comunes donde al comienzo no se percibía más que diferencias. Especialmente, si los objetos considerados varían en forma *continua*, progresiva, puede ver el parentesco de los términos alejados de una serie y poner en relieve lo que permanece constante a través de todos los cambios. Dos rectas que se cortan pueden ser consideradas como una hipérbola, una porción de recta limitada, como una elipse, etc. Para Kepler las paralelas son rectas concurrentes cuyo punto de intersección está alejado;

para Desargues la recta es un círculo de centro infinitamente alejado, la tangente es una secante cuyos dos puntos de intersección se han confundido y la asíntota es una tangente cuyo punto de contacto se aleja indefinidamente. Esto nos parece natural pero a los antiguos geométricos les ofrecía dificultades insalvables.

El principio de *continuidad* permite alcanzar un alto grado de abstracción y naturalmente aumenta así la capacidad de captar las analogías. La variación continua de las magnitudes presenta analogías con ciertas relaciones geométricas intuitivas y esta analogía conduce al desarrollo del cálculo infinitesimal en las formas que le dieron Newton y Leibniz. Poseyendo en alto grado la facultad de abstracción, Lagrange pudo entrever la analogía entre los pequeños cambios debidos a los incrementos de las variables independientes y aquellos que provienen de variaciones en la forma de la función, realizando esta creación sorprendente: el cálculo de las variaciones.

Cuando hemos observado una identidad entre distintos caracteres de dos objetos, estamos llevados a creer que esta identidad se encontrará entre sus otros caracteres. Esta esperanza *no está justificada lógicamente*, pues los procedimientos de la lógica no garantizan sino el acuerdo que ha sido observado, pero esta esperanza está fundada en nuestra organización psicológica y fisiológica. Los razonamientos que tienen por base la similitud y la analogía, estrictamente hablando, no dependen de la lógica formal sino más bien, de la psicología.

Si los caracteres sobre los que actúa son inmediatamente perceptibles, hablamos de similitud; si son relaciones abstractas, empleamos preferentemente la palabra analogía.

Si algunos de estos caracteres nos son indiferentes no nos inquietamos, pero si por alguna propiedad útil o nociva, adquieren un interés biológico, si un fin técnico o científico les otorga un valor particular, es muy dife-

rente: nos sentimos impulsados a ocuparnos de esos caracteres y para estudiarlos recurrimos sea a la simple observación sensible, sea a reacciones más complicadas de orden técnico o científico. En seguida podemos constatar si existe o no concordancia en el nuevo grupo de caracteres; sea como sea, nuestro conocimiento del objeto se ha extendido. Los dos casos son igualmente importantes y los dos corresponden a un descubrimiento. Preferentemente investigamos los casos de concordancia que nos permiten extender económicamente una concepción uniforme a un dominio de hechos más vasto.

He aquí como conviene investigar para fundar sobre la biología y la teoría del conocimiento, el valor de los razonamientos por similitud y por analogía. Comparemos un conjunto de hechos que nos son familiares con otros que conocemos menos.

La analogía es extremadamente importante para la ciencia. Ya en la antigüedad, se explicaban las ondas sonoras por las ondas en la superficie del agua, que son directamente observables. Lo que se sabía de la propagación del sonido contribuyó a formar las ideas sobre la propagación de la luz, y el descubrimiento de los satélites de Júpiter por Galileo hizo más en favor del sistema de Copérnico que todos los otros argumentos, pues estos satélites representan un modelo reducido del sistema planetario.

La rotación del plano de polarización por la corriente eléctrica, observada por Faraday en 1845, es uno de los ejemplos más notables de un gran descubrimiento hecho por analogía. J. F. W. Herschel veinte años antes, había sentido esta relación entre la luz y la electricidad; sus experiencias debían fracasar porque empleó corrientes muy débiles pero era guiado por una idea exacta como lo explica en una carta a Faraday fechada el 9 de noviembre de 1845. La rotación del plano de polarización habiendo dado a Herschel la impresión de una fuerza,

buscó en el cuarzo una estructura helicoidal disimétrica, relacionando así a una disimetría del medio, la disimetría óptica. Si se considera una corriente eléctrica rectilínea, dejando siempre a la izquierda del hombre de Ampère el polo norte de la aguja magnética colocada no importa donde en su vecindad, se da cuenta de la disimetría helicoidal del campo magnético producido. Herschel, pensando que el campo magnético de una corriente debía actuar como el cuarzo sobre la luz polarizada, hacía pasar un rayo luminoso según el eje de una bobina atravesada por una corriente y otra vez hace pasar el rayo entre dos hilos paralelos que recorrian corrientes de sentido contrario. No obtiene resultado positivo, pero su primera experiencia corresponde a la de Faraday.

Otro ejemplo va a mostrarnos que puede haber ventajas en establecer una analogía entre varios conjuntos de hechos ya conocidos. La teoría de la propagación del calor dada por Fourier y que parece desarrollada por analogía con la hidrodinámica, ha servido, por otra parte, de modelo a otras teorías, tales como las de las corrientes eléctricas y las de las corrientes de difusión. Independientemente de estas teorías y al lado de ellas, se ha desarrollado una teoría de fuerzas a distancia, una teoría de la atracción. La reunión de estas diversas teorías conduce a interesantes analogías. Lord Kelvin, habiendo comparado primeramente la teoría de la propagación del calor a la de la atracción, encontró que puede pasarse de las fórmulas de la una a las fórmulas de la otra, reemplazando la temperatura por el potencial y la caída de temperatura por la fuerza. Este parentesco es extremadamente importante pues las representaciones fundamentales, que están en la base de las dos teorías, parecen diferir completamente, puesto que reduce la conducción del calor a las acciones por contacto, y la atracción, a acciones a distancias. Estas ideas han actuado poderosamente sobre Maxwell. Este a su vez, reconoció que las

ideas de Faraday sobre la electricidad y el magnetismo se colocaban en el mismo rango que la teoría de la acción a distancia, hasta entonces únicamente admitida en física matemática, luego dirigió su atención sobre las grandes ventajas que ofrecían las vistas de Faraday. La analogía entre las ecuaciones de la propagación de la luz y las de las ondas eléctricas, la teoría electromagnética de la luz y las experiencias de Hertz son tan conocidas que es suficiente mencionarlas.

Gracias a Maxwell, la analogía vino a ser en física un *método bien explicado*. Maxwell encontró que perdemos demasiado de vista a los fenómenos cuando exponemos los resultados de nuestras investigaciones mediante fórmulas matemáticas. Por otra parte, cuando hacemos una hipótesis, las cosas se nos aparecen como vistas a través de un vidrio coloreado, y la explicación dada desde un cierto punto de vista, nos ciega frente a los hechos.

Encontrando en los fenómenos electrostáticos, magnéticos, etc., rasgos comunes que recuerdan el fenómeno del escurrimiento de un *fluido*, Maxwell *idealiza* este fluido para hacer completa la analogía. Supone que no tiene masa, es incomprensible y se propaga a través de un medio resistente: recurre así a una imagen ficticia hecha por las necesidades de la analogía, pero que no es menos intuitiva. No toma a esta imagen por algo real y se sabe exactamente en qué concuerda ésta desde el punto de vista abstracto con lo que se quiere representar. La presión del líquido corresponde a los diferentes potenciales, la dirección de la corriente del líquido a la dirección de la corriente eléctrica, la variación de presión a las fuerzas, etc. Así Maxwell une las ventajas de la hipótesis a las de las fórmulas matemáticas y, según una expresión un poco modificada de Hertz, las consecuencias psíquicas de la imagen que conserva, siendo a su vez las imágenes de las consecuencias de los hechos, Max-

well se aproxima a un método ideal de investigaciones científicas: de ahí sus éxitos excepcionales.

Las analogías completas conducen a nuevas concordancias, pero la ciencia puede igualmente sacar provecho de analogías incompletas que acusen las diferencias entre los tópicos estudiados: es la consideración de las diferencias lo que ha hecho conocer las importantes leyes de la disipación de la energía; sin ella, una teoría de la energía quedaría limitada al primer principio de la termodinámica.

X

CAPÍTULO XIV

LA HIPÓTESIS

Instintiva e involuntariamente, nuestro pensamiento forja una observación *completando*, en sus partes o en sus consecuencias, el hecho observado. El cazador encuentra una pluma y su imaginación le hace ver en seguida la imagen completa del pájaro, del ave que la ha perdido. Una corriente marina arrastra plantas exóticas, cadáveres de animales, maderas esculpidas, y Colón entrevé el lejano país todavía desconocido de donde vienen esos objetos. Los animales bastante desarrollados pueden hacer alguna cosa análoga en forma totalmente rudimentaria. El gato que busca su imagen detrás del espejo, instintiva e inconscientemente ha hecho una hipótesis sobre la materialidad de esa imagen y busca verificarla. Pero, para él, el proceso se detiene ahí, mientras que en un caso análogo, el hombre se admira y reflexiona.

En verdad, la formación de las hipótesis científicas no es sino un perfeccionamiento del pensamiento instintivo y nosotros podemos encontrar todos los intermediarios. A menudo no existen sino conjeturas muy naturales que apenas presentan el carácter de hipótesis, aun cuando ellas no difieren sino cualitativamente. Que Colón presintiese una tierra hacia el oeste o Le Verrier un planeta perturbador en cierta dirección, la observación no hace más que completar en forma bien simple la experiencia diaria del observador. Cuanto más nuevas y desacostumbradas son las observaciones, más nuestras conjeturas son

también extrañas y sin embargo, deben ser tomadas del dominio de la experiencia: el impacto de un rayo y la caída de un meteorito evocan la idea de un titán que ha arrojado esa piedra. Los cuernos de los rinocerontes tomado por las garras de aves y encontrados en países auríferos e inhospitalarios, conducen a imaginar al pájaro Roch que cuida el oro. Las conchas fósiles encontradas a gran altura hacen pensar en el diluvio, etc.

Las ideas científicas se vinculan inmediatamente con las opiniones populares, de las cuales no se distinguen en sus comienzos y a partir de las cuales se desarrollan poco a poco. Por razones fisiológicas, el cielo se nos aparece como una esfera de un radio determinado que no es inmenso; es ésta la idea popular y es también la primera idea científica. El espectáculo de la noche nos conduce a atribuir a esa esfera una rotación y a pensar que las estrellas están fijadas. Las desigualdades de los movimientos que una observación más atenta nos hace ver en los planetas, la luna y el sol, nos llevan a admitir la existencia de varias esferas transparentes, embutidas unas en las otras, y animadas de rotaciones diferentes. Así, poco a poco, se desarrolló la teoría de los epiciclos, el sistema de Ptolomeo y el sistema de Copérnico.

Completando *provisoriamente* un hecho, más rápidamente se puede esperar su *experiencia*. El marino cuya imaginación es solicitada por los objetos arrojados a la costa, parte en busca del país lejano que imagina. Que lo encuentre o no, que la naturaleza del país responda o no a la idea que se forjó, que en lugar de caer, como lo pensaba, en las costas de la India o de la China, encuentra una costa nueva, en cualquiera de los casos ha ampliado su experiencia. Quien va detrás del espejo para buscar la imagen y no la encuentra, aprende a conocer un objeto visible de una nueva clase, la imagen virtual, que carece de materialidad pero que supone la existencia de otros objetos materiales. Cuando con el

pensamiento completamos un hecho, hacemos una *experiencia mental* que exige ser controlada por la *experiencia física*.

Si examinamos de más cerca a la hipótesis científica vemos primeramente que todo lo que no puede inmediatamente ser establecido por la observación puede ser completado mentalmente por una hipótesis. Podemos admitir la existencia de las partes de un hecho que no ha sido observado. El geólogo y el paleontólogo a menudo lo hacen. Pueden hacerse suposiciones sobre las consecuencias de un hecho que no interviene inmediatamente o que no puede observarse directamente. La forma de las leyes, que se relacionan con un hecho, es frecuentemente el objeto de una hipótesis, puesto que únicamente observaciones infinitamente numerosas podrían hacernos conocer la ley resguardada de toda perturbación. Pero estas hipótesis se relacionan con las condiciones de un hecho que ellas hacen comprensible: son las hipótesis explicativas y en lo que sigue vamos a examinarlas.

En su sentido primitivo, la hipótesis es el conjunto de condiciones en que es aplicable una proposición matemática, la tesis, y sin las cuales ésta no podría demostrarse. Aquí, la hipótesis es lo que ha sido dado, lo que no depende más que de las condiciones de posibilidad matemática y lógica; la tesis es lo que se infiere. En las ciencias físicas y naturales, debemos inversamente partir de un hecho dado para llegar a las condiciones mediante un razonamiento regresivo, analítico, indeterminado. En este caso podemos concebir diversas posibilidades tanto más numerosas cuanto la experiencia sea más incompleta. *Llamamos hipótesis a una explicación provisoria que tiene por fin hacer comprender los hechos más fácilmente, pero que todavía escapa a la prueba por los hechos.* Esta explicación provisoria puede tener duraciones muy variables. Puede durar sólo un instante como en el caso de la imagen en el espejo, y puede durar siglos como la

hipótesis de la emisión de la luz y el sistema de Ptolomeo. El sentido psicológico y lógico de la hipótesis no se modifica.

Newton es conducido a suponer que las masas ejercen unas sobre las otras, acciones a distancia análogas a la acción de la tierra sobre los cuerpos que caen a su superficie y que esta acción es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Analíticamente demuestra que estas suposiciones permiten representar realmente todos los movimientos del sistema solar y los movimientos terrestres y entonces, para él, su suposición cesa de ser una hipótesis. Es un *resultado del análisis* de los fenómenos. ¿Podría reducirse a cosa más simple la acción a distancia? Esta solamente continúa siendo, para Newton, objeto de especulación o hipótesis. Tomando sin restricción la frase: "hypotheses non fingo", significaría: "no me hago ninguna idea de aquello que excede a la observación". Y Newton se distingue precisamente por la riqueza de sus conjeturas. Sabía además eliminar muy rápidamente mediante la experimentación aquellas que son inutilizables. Lo que no puede deducirse de los fenómenos, dice, es una hipótesis. Pero lo que se desprende del estudio de los fenómenos no es, a su juicio, una hipótesis, es un resultado del estudio analítico. Emplea imágenes para hacer más intuitivos sus pensamientos, pero sin atribuirles ningún valor particular si se le preguntara lo que tiene como esencial en su representación de la luz polarizada, diría de buena gana que son los diferentes lados de los rayos luminosos, pues resultan del análisis, mientras que las partículas dotadas de propiedades análogas a la de los imanes no son más que una imagen intuitiva cualquiera, que puede reemplazarse por otra. En Newton se encuentra siempre la separación nítida de la ciencia definitivamente establecida y de lo que es simple conjetura, representación artificial.

Distintos autores se han esforzado por precisar las con-

diciones que debe cumplir una buena hipótesis científica. Stuart Mill se ha extendido largamente sobre esto. Exige que la hipótesis atribuya a lo que quiere explicar una causa ya conocida, una causa verdadera (*vera causa* de Newton). En verdad, comenzando la investigación consciente según los principio de Mill, no podría efectuarse ningún descubrimiento esencialmente nuevo, y parece suficiente que una hipótesis esté de acuerdo con los hechos.

El papel esencial de una hipótesis es el de conducirnos a hacer nuevas observaciones y nuevas investigaciones que puedan confirmar nuestra conjetura, contradecirla o modificarla, en una palabra, ampliar nuestra experiencia. Priestley, en su historia de la óptica, emite sobre este punto ideas muy justas: "Las vistas muy imperfectas y las conclusiones de estos sabios nos ofrecen un espectáculo agradable e instructivo. Muestra que de ninguna manera es necesario tener *a priori* vistas exactas y una hipótesis verdadera para efectuar descubrimientos reales. Las teorías, aun muy imperfectas, son suficientes para sugerir experiencias que vienen a corregir sus imperfecciones y dan origen a teorías más perfectas. Estas conducen a otras experiencias que nos aproximan todavía más a la verdad y con este método de aproximación, podemos considerarnos dichosos si poco a poco efectuamos reales progresos".

Supongamos que queremos resolver una ecuación numérica:

$$x^4 + ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

y que atribuímos a x un cierto valor x_1 , es decir que sobre este valor hacemos una cierta hipótesis, el polinomio toma entonces el valor $+m_1$ en lugar de 0. Otra sustitución x_2 conduce al valor $-m_2$ del polinomio; entonces podemos buscar entre x_1 y x_2 una raíz de la ecuación. Si hemos encontrado una raíz x' que da al polinomio un pequeño valor μ , podemos admitir que la diferencia entre x' y la raíz buscada es proporcional al valor de μ y por

ahí conoceremos el valor de la raíz con la aproximación descada.

Tomemos ahora, como ejemplo, las hipótesis relativas al calor. Ante todo tenemos una representación intuitiva que se agrega por asociación a los caracteres caloríficos sensibles de un cuerpo. La observación del fuego, el calentamiento de un cuerpo por otro cuerpo más caliente y a expensas de éste último, hace pensar en forma muy simple en una materia o en un fluido. Esta representación la hacen intuitiva los hechos que le dan origen y facilita el descubrimiento de nuevos hechos: la regla de las mezclas de Richmann, los calores específicos, los calores de vaporización y de fusión.

Asimismo, la representación de los fluidos eléctricos que, móviles en los cuerpos conductores, inmóviles en los no conductores, poseen fuerzas de atracción y de repulsión, nos hace ver en forma intuitiva los hechos conocidos y nos conduce a encontrar otros: la distribución de la carga de los conductores en su superficie y según su curvatura, la influencia y las leyes cuantitativas de Coulomb. Aun cuando han sido sobrepasadas hace tiempo y no se las toma más en serio, estas representaciones pueden ser útiles a título de *descripción indirecta*: por ejemplo, todavía hoy la producción de una cantidad de electricidad determinada debe, según la ley electro-lítica de Faraday, ser considerada como unida a una cantidad proporcional de materia.

La hipótesis de la emisión de la luz, ella también, hace intervenir alguna cosa material. La observación de los rayos luminosos, de haces convergentes y divergentes entrañando el aumento o la disminución de la intensidad luminosa, conduce naturalmente a considerar al rayo como formado por líquido o por polvos. Gracias a su gran facilidad de adaptación a los hechos, la hipótesis de la materialidad de la luz, que actualmente consideramos tan poco manejable, no impidió a Malus encon-

trar su ley del cuadrado del coseno. Fresnel dedujo esta ley de la conservación de la fuerza viva de la luz y muy verosímilmente, Malus la encontró dejándose guiar por esta idea, que si se divide el rayo luminoso en dos componentes, la cantidad de materia luminosa debe quedar inalterada, llegando a la ley del cuadrado en la forma más simple.

Tratamos de adaptar la hipótesis a un hecho en las circunstancias particulares que la observación nos ha revelado y, naturalmente, sin saber de antemano si la hipótesis concordará con otras circunstancias más generales. No podemos tomar la materia y los elementos de estas representaciones hipotéticas sino en lo que ya conocemos en nuestro contorno sensible, buscando los casos que ofrecen con el caso actual una similitud o una analogía. La similitud no es sino una identidad parcial. De ahí proviene que una hipótesis, hecha en esas condiciones, puede intervenir en algunos casos para aumentar nuestra experiencia y no servir en otros. Por su naturaleza, la hipótesis está destinada a ser modificada en el transcurso del trabajo, a ser adaptada a nuevas experiencias y a ser reemplazada o por otra hipótesis o por el conocimiento de los hechos. Los sabios que tienen en su espíritu lo que acabo de decir no son demasiado timoratos cuando hacen una hipótesis. Es muy bueno tener un poco de arrojo: la hipótesis de las ondas de Huygens no era satisfactoria desde todos los puntos de vista, todavía dejaba mucho que desear y mucho que hacer a sus sucesores. Pero si Huygens hubiese abandonado esta hipótesis a causa de sus dificultades, no habría sido trabajada por Young y por Fresnel y estos sabios probablemente habrían debido detenerse después de su primer impulso.

La hipótesis de la emisión poco a poco había sido adaptada a las nuevas experiencias. Una emisión regular no es más suficiente a Grimaldi. Sus franjas de difrac-

ción lo condujeron a representarse un flujo ondulatorio del fluido luminoso. Para Newton, no se trata más de una simple emisión, sino de un gran número de emisiones cualitativamente diferentes y superpuestas y Newton admite la hipótesis de la periodicidad de la luz, aunque en forma insuficiente y sobre bases experimentales en parte inexactas. Finalmente, la hipótesis de las ondas reemplaza a la teoría de la emisión. En la forma que Huygens le había dado, no tenía en cuenta la periodicidad y la polarización. Hooke introduce la periodicidad. Young y Fresnel, en fin, reúnen en sus hipótesis las ventajas de las hipótesis de Huygens y de Hooke, y especialmente Fresnel triunfa en explicar nuevas propiedades teniendo en cuenta la polarización. Es así que la *experiencia* trabaja continuamente para transformar y completar nuestras *representaciones*.

Inversamente, las representaciones que nos hemos formado, ejercen influencia en la marcha de la experiencia. Las franjas de Grimaldi invitan a atribuir a un rayo luminoso aislado una constitución periódica; aunque esta periodicidad no pueda inmediatamente ser percibida por nosotros, sino que se manifiesta únicamente por la combinación de varios rayos en circunstancias particularmente favorables. Esta noción de periodicidad es hecha intuitiva por la hipótesis de las ondas y enriquece todos los hechos de la óptica.

En cada caso pensamos en cosas que no vemos. El físico advertido se comporta frente a cada caso particular en otra forma de como lo haría sin estas representaciones accesorias; es comparable al hombre que ha adquirido en la vida práctica una rica experiencia. Se comprende que Fresnel que siempre tuvo en el espíritu la experiencia de Grimaldi, tuviera sobre la difracción, los colores en láminas delgadas, la reflexión y la polarización, ideas diferentes a las de Newton, Huygens y Malus, e hiciera nuevas experiencias.

Fuera de los elementos que son indispensables a la exposición de los hechos de los cuales es extraída una hipótesis, esta hipótesis habitualmente contiene otros que *no son necesarios* a esta exposición. Pues la hipótesis está formada según una analogía en la cual las diferencias y las semejanzas son incompletamente conocidas. La teoría de la luz habla de ondas mientras que la periodicidad es lo único necesario para comprender los hechos. Son estos elementos accesorios los que son modificados por la influencia recíproca del pensamiento y de la experiencia. Poco a poco son reemplazados por los elementos necesarios. Así, de la emisión no queda más que la gran velocidad de propagación de un número considerable de luces de diferente *periodicidad*, propagándose según el mismo rayo. Esta representación encuadra en sus puntos esenciales con la hipótesis de las ondas, que la reemplazó, y que debió abandonar algunos elementos accesorios, las oscilaciones *longitudinales*, en las cuales se pensó primeramente por analogía con el sonido.

Las representaciones, formadas por nosotros a partir de observaciones, nos impulsan además activamente a observar y a experimentar. Entonces, entre los elementos de estas representaciones, unos son confirmados, otros son rechazados o modificados y a veces también reemplazados por nuevos elementos. Algunas experiencias tienen una importancia especial; son aquellas que nos permiten decidir entre dos representaciones o conjuntos de representaciones de hechos. La cuestión de saber si es la refracción quien produce los colores o si los colores existen antes de la refracción y sólo se hacen visibles gracias a la diferencia de los índices, fué finiquitada por el *experimentum crucis* de Newton. Esa es la palabra introducida por Bacon y aceptada por Newton para las experiencias que permiten decidir entre dos maneras de ver: citemos como ejemplo el procedimiento con ayuda del cual Foucault mostró que la velocidad de la luz es

más pequeña en el agua que en el aire, experiencia a consecuencia de la cual la teoría de la emisión vino a ser insostenible. El descubrimiento de las fases de Venus por Galileo hizo aceptar el sistema de Copérnico, donde este fenómeno era una consecuencia necesaria.

Una hipótesis puede ser problemática en formas muy distintas y en grados muy variados. Para explicar la aspiración en las bombas, se había recurrido al horror al vacío. Si, en ninguna circunstancia y en ningún lugar del mundo, encontrásemos vacío, podríamos conservar esta manera de ver. Otra hipótesis relaciona estos fenómenos a la presión que el aire ejerce por su peso. En el tiempo en que se pensó en esa explicación la pesantez del aire era ya conocida, pero esta explicación permanecerá como hipótesis hasta las investigaciones de Torricelli y de Pascal, notablemente hasta la experiencia del Puy de Dôme. Una de estas explicaciones es una invención arbitraria; la otra sólo hace intervenir elementos reales. Las dos, sin embargo, cuando fueron presentadas tenían el carácter de hipótesis.

Otro ejemplo es la explicación del movimiento de los astros por la gravitación. La aceleración de la gravedad es introducida en astronomía con una modificación que la generaliza. En la teoría de la gravitación no se trata más que de describir convenientemente los fenómenos cósmicos por medio de aceleraciones. Si imaginamos que un cuerpo viene hacia la superficie de la tierra, su aceleración viene a ser la aceleración de la gravedad; si la gravedad en la superficie de la tierra es un caso particular de la gravitación, toda hipótesis viene a ser superflua. Podría también pensarse lógicamente que analizando los movimientos de Kepler desde un punto de vista puramente cinemático, se encuentran aceleraciones dirigidas hacia el sol e inversamente proporcionales al cuadrado de su distancia. Pero, para mí, este proceso es *psicológicamente* inadmisible. ¿Cómo sin una representación física que

sirva de guía, se caerá precisamente en las aceleraciones y no en las derivadas primera o tercera? ¿Cómo entre los innumerables modos de descomposición de movimientos, precisamente se elegirá el que conduce a un resultado tan simple? Considero como muy difícil ya al análisis del movimiento parabólico de un proyectil si no se está guiado por la noción de la aceleración de la gravedad, que no podía ser adquirida más que en un caso mucho más simple y que encuentra aquí su aplicación.

La hipótesis conduce finalmente a la expresión abstracta de los hechos. Recordemos por qué serie de suposiciones y de correcciones se ha llegado a la noción de las vibraciones luminosas transversales que, al principio, pareció absolutamente temeraria. Y sin embargo, esta noción de que las propiedades periódicas del rayo luminoso se comporten como segmentos geométricos en un espacio a dos dimensiones, en el plano perpendicular a la dirección del rayo, es simplemente la expresión abstracta de los hechos. Asimismo, poco a poco se han determinado en forma abstracta las propiedades del éter que recuerdan a la vez a las de un fluido y a las de un cuerpo rígido. Las maneras de ver a las que así llegamos, no son más hipótesis: ellas nos son necesarias para representarnos los hechos con el pensamiento, son resultados del estudio analítico. Seguramente las podríamos tener aun cuando no conociésemos analogías, aun cuando en ninguna parte encontrásemos en la naturaleza vibraciones transversales, ni líquidos donde estas vibraciones pudieran producirse. Si Young y Fresnel hubiesen abandonado la hipótesis de las vibraciones transversales a causa de sus dificultades, habría sido para la ciencia una pérdida tan grande como si Newton hubiera abandonado la ley de la gravitación. No debemos tener miedo de las concepciones extrañas cuando ellas descansan sobre bases seguras. Siempre es posible encontrar hechos nuevos y Mill restringiendo la hipótesis, exagera mucho el valor de lo que

ya es conocido frente a lo que todavía falta encontrar.

Si pensamos en forma suficientemente abstracta, no atribuiremos a un hecho más que los caracteres abstractos que *necesariamente* comporta. Una exposición puramente abstracta puede encontrar su explicación en ciertas partes de la Ciencia donde no interviene la hipótesis, que sólo es exigida en la ciencia que se hace. Pero el empleo consciente de las *imágenes es muy provechoso*. Hay hechos que inmediatamente percibimos con los sentidos; existen otros, de los cuales adquirimos conciencia sólo por una observación complicada y con ayuda de un sistema de reacciones abstractas, por ejemplo, la periodicidad de la luz y la polarización. Estamos mucho más familiarizados con las representaciones sensibles intuitivas que con los conceptos abstractos, que sin embargo, siempre tienen por fundamento las *representaciones intuitivas*. Con ayuda de estas representaciones, concebimos los fenómenos luminosos más rápida y más fácilmente que por medio de *conceptos abstractos*. Para emplear, modificándola, la expresión de Hertz, son imágenes de los hechos cuyas consecuencias psíquicas son a su vez imágenes de consecuencias de los hechos. Desde que se ha establecido bien en que concuerda la imagen desde el punto de vista abstracto, con el hecho, esta imagen reúne la ventaja de ser intuitiva y de conservar la pureza del concepto.

A menudo se cree que en matemática la hipótesis no juega ningún papel, pero objetaremos que ella juega un papel importante en la ciencia que se construye. Más que cualquier otra ciencia, la matemática rechaza los andamiajes que han servido para su desarrollo, y es esto lo que da lugar a esta creencia. Pero el conocimiento perfectamente claro de los teoremas matemáticos no se obtiene en una vez, es llevado y preparado por observaciones fortuitas, conjeturas, experiencias mentales y también por experiencias físicas sobre objetos que se han contado y sobre imágenes geométricas.

CAPÍTULO XV

EL PROBLEMA

Puede suceder que los resultados de las diversas adaptaciones psíquicas se encuentren en oposición y que la tortura intelectual llegue a ser tan grande que, voluntaria y conscientemente, busquemos un hilo conductor; entonces se plantea un *problema*.

En un círculo estable y familiar de experiencias en las que los pensamientos bien pronto se han adaptado en forma prácticamente suficiente, raramente nos encontramos frente a problemas. Pero sí, por razones cualesquiera, el círculo de experiencias se amplía, estamos puestos en contacto con hechos hasta entonces desconocidos a los cuales nuestros pensamientos no se adaptan suficientemente, si los resultados de la nueva adaptación no concuerdan con los de las adaptaciones anteriores, nuevos problemas surgen como lo muestra la historia de la civilización y de la ciencia. El desacuerdo entre los pensamientos y los hechos, o el desacuerdo de los pensamientos entre sí, he ahí el origen de los problemas. No podemos tener en cuenta hechos hasta entonces ignorados. Intervienen sin que lo hayamos previsto o a pesar de nuestras previsiones, por *azar*, lo que no quiere decir sin regla, sino simplemente sin que conozcamos sus condiciones y sin que podamos ejercer influencias sobre ellos. El *azar psíquico* ensambla los pensamientos que quizás estuviesen desde mucho tiempo atrás en la cabeza de un individuo sin actuar el uno sobre el otro. El *azar*

acusa así en la mayor parte de los casos, las discordancias que existen entre los pensamientos y los hechos, y haciéndolos *más sensibles*, impulsa a una adaptación más perfecta. En la génesis y la solución de los problemas, el azar no es un accesorio; obedece a la naturaleza de las cosas.

Una vez que el desacuerdo se ha reconocido nítidamente y el problema se ha *planteado*, se trata de *resolverlo*. El hombre que persigue con interés la solución de una cuestión poco conocida, despliega una actividad análoga a aquella por la cual se encuentra alguna cosa olvidada. Pero ahí ya se sabía lo que se ha olvidado y desde que se lo recuerda, se reconoce que es eso. Al contrario, la solución buscada es nueva y es necesario recurrir a una prueba especial para demostrar que es buena; he ahí la diferencia entre los dos casos. Si hemos olvidado la solución de un problema y tratamos de encontrarla, el segundo caso se relaciona con el primero, que ante todo examinaremos. Por ejemplo, quiero encontrar una cita cuyos términos exactos no recuerdo o cuya fuente se me escapa. Pienso en el tiempo en que leí ese pasaje, el tema en que entonces me ocupaba, en las obras que se relacionan con ese tema y que he podido leer, en los autores cuya manera de pensar podría corresponder a esa cita, en el lugar en que trabajaba, en los recursos que me ofrecía la vecindad, etc. Hago lo mismo cuando busco un instrumento extraviado y que no se ha empleado desde mucho tiempo atrás. Cuanto más numerosas e intensas son las asociaciones que están a mi disposición, mejor triunfaré en recordar lo que había olvidado.

Estos casos no son muy diferentes de aquellos donde se halla una invención cuya existencia se aprende; voy a explicarlo con un ejemplo histórico importante. Galileo en Venecia sabe que se ha encontrado en Holanda un instrumento que hace ver los objetos alejados más gran-

des y más distintamente. En la primera noche que sigue a su retorno a Padua, triunfa en improvisar el antejo con un tubo de órgano y dos lentes, e inmediatamente lo hace saber a sus amigos de Venecia. Seis días más tarde, muestra en Venecia un instrumento mucho más completo. Galileo reconoce que sin la novedad traída de Holanda jamás habría tenido la idea de tal construcción. Pero asegura que el mérito del invento no queda disminuido por esa circunstancia como lo pretendía uno de sus adversarios. Apelando a la opinión pública, Galileo hace conocer la marcha de las ideas que lo condujeron a esa construcción. El instrumento podía tener un vidrio o varios vidrios. Un vidrio plano carece de acción, una lente cóncava da una imagen más pequeña, una lente convexa la aumenta; luego, un único vidrio no sería suficiente. Dejando de lado el vidrio plano y tomando dos lentes, una convexa y otra cóncava, Galileo las asocia y obtiene un éxito completo. Parece que hizo tal combinación por tanteos: entonces eso era muy natural. Ya en 1604, Kepler había encontrado la teoría exacta del ojo pero hasta 1611 —dos años después del invento de Galileo— no publica su dióptrica, respaldada por ese invento. El descubrimiento de Galileo, por otra parte, habría podido ser hecho en otra forma y de manera más general. Las propiedades empíricas de las lentes convexas y cóncavas que entonces se conocían, eran suficientes para razonar como sigue: una lente convexa da de un objeto alejado una imagen real; si se arregla de manera de ver esta imagen nítidamente con un ángulo aparente mayor que aquel con que vemos el objeto, lo que es posible con una lente de distancia focal superior a la distancia mínima de visión distinta, el dispositivo así realizado ya forma un antejo astronómico de Kepler donde el ocular está reemplazado por el ojo. Si se aproxima más la imagen y si para conservar la nitidez, se coloca una lupa frente al ojo, se tiene un verdadero antejo astronómico.

Si todavía se aproxima de manera de colocar el ojo entre el objetivo y la imagen puede también obtenerse una imagen neta empleando una lente cóncava colocada delante del ojo: se tiene el antejo holandés. El fin de la construcción era el de tener una imagen grande y nítida, se llega así a todas las soluciones del problema. Pero Galileo tenía apuro en encontrar la invención hecha en Holanda y la forma que le dió adquirió gran importancia, gracias a su genial idea de aplicarla a la observación de los cuerpos celestes.

Antes de examinar la solución de otros problemas particulares, estudiemos en general los métodos de resolución. Estos métodos aplicables en todas las ramas de la ciencia, fueron encontrados por los antiguos filósofos griegos con motivo de la geometría; han adquirido mucho desarrollo y constituyen una buena parte de los métodos científicos. El mérito mayor parece corresponder a Platón. Se distingue el método *analítico* y el método *sintético*. Como lo dice Euclides, un teorema es demostrado analíticamente, cuando se supone resuelto el problema y que por las consecuencias que se sacan de esa suposición se llega a las verdades demostradas. Al contrario, la demostración es sintética, si se parte de verdades demostradas para llegar a lo que se busca. Estos métodos son así, progresivos o sintéticos, regresivos o analíticos. Existe todavía un tercer método, el método indirecto o método de reducción al absurdo. Estos métodos pueden naturalmente ser aplicados tanto para investigar lo nuevo, como para demostrar lo que ya se encontró. Se notará también que los métodos analíticos y sintético se excluyen y que, al contrario, cada uno de estos dos métodos puede ser aplicado directa o indirectamente.

Son bien conocidas sus aplicaciones geométricas para que no sea necesario insistir.

Fué ciertamente un instinto genial quien condujo a Platón al descubrimiento del método analítico. No se

conoce sino lo que se ha vivido una vez con los sentidos o el pensamiento. No puede resolverse ningún problema en un dominio donde no se tiene experiencia. Para reducir al mínimo lo que es desconocido, no existe mejor medio que imaginarse *reunido* en un caso ya conocido lo que se busca y lo que es dado y remontar en sentido inverso, el camino que entonces se puede reconocer más fácilmente. Esto se aplica en otras partes además de en geometría.

Sucede lo mismo en un gran número de invenciones técnicas. Fulton se imagina un rápido barco provisto de ruedas en rotación continua para reemplazar la acción rítmica de los remeros y lo acciona con una máquina a vapor, etc. Puede demostrarse también que los más importantes descubrimientos científicos deben su origen al método analítico, el que, por otra parte, no excluye completamente los procedimientos sintéticos; esto prueba que la actividad intelectual del investigador y del inventor no difiere esencialmente de la del común de los hombres. El sabio erige en método lo que los otros hombres hacen instintivamente.

Los primeros conocimientos geométricos, y los más complicados, no han sido adquiridos ciertamente por vía deductiva; ésta pertenece a una ciencia más avanzada que supone ya una necesidad de simplificación, de orden y de sistematización. Más bien se ha llegado, como en las ciencias físicas y naturales, por la necesidad práctica de una observación precisa, midiendo, contando y pesando, y recién entonces se recurrió a las deducciones partiendo de lo que ya era conocido, y a la experimentación mental. Desde este punto de vista, la lectura de los escritos de Arquímedes son muy instructivos. Nos enseña qué teoremas le eran conocidos, a él y a los otros, antes de que se hubiese dado la forma precisa de la demostración. Por ejemplo, obtiene aproximadamente la cuadratura de la parábola cubriendo la figura con una hoja delgada, que

recorta y pesa. Los resultados le hacen adivinar la ley, triunfando finalmente en demostrar su exactitud. En los tiempos modernos, algunos problemas también han sido resueltos en forma empírica y aproximada, antes de ser tratados exactamente. Mersenne lo ha hecho notar para la cicloide. Galileo había reconocido por pesadas que su área era más o menos el triple de la del círculo generador, como Roberbal logró demostrarlo un poco después.

A menudo se ha lamentado, con razón, que los antiguos sabios nos hayan dejado tan pocas enseñanzas acerca de sus métodos de invención y de investigación, completamente disimulados en la exposición sintética. Pero, la exposición sintética tiene sus ventajas para la sistematización. Si, por ejemplo, se examina atentamente la demostración que Euclides da del teorema de Pitágoras, pueden deducirse todos los teoremas en el orden en que deben preceder a esta proposición, formando el primer libro de la Geometría.

Puede prepararse la solución de un problema científico poniendo de lado a los prejuicios, que cierran el camino o que inducen al investigador a seguir por mal camino. Es ese el caso del viejo prejuicio de que los colores nacen de la mezcla de la luz y la oscuridad. Combatido ese prejuicio, Boyle preparó las ideas de Newton sobre los colores. La solución exacta de los problemas de la termodinámica pudo ser posible cuando se apartó la idea de la materialidad del calórico. La solución propuesta por Hering para los problemas de la visión en el espacio, supone que se han franqueado muchos de los viejos prejuicios. Es necesario considerar el espacio fisiológico como diferente del espacio geométrico, dejar de lado la teoría de las líneas de dirección y reconocer que las sensaciones son distintas de las otras formaciones psíquicas. Este trabajo preliminar ha sido realizado por Müller, Panum y Hering mismo.

La solución de los problemas ha avanzado grandemente por las *paradojas* que se enlazan y no nos dejan en reposo hasta tanto no han sido explicadas. Investigando cómo ha podido constituirse una paradoja, prosiguiendo suficientemente lejos las consecuencias de vistas contradictorias, se llega al punto crítico de la paradoja y entonces el problema es resuelto inmediatamente o por lo menos, planteado más claramente. Así, estudiando en su origen histórico, la paradoja de Descartes y Leibniz relativa a la medida de la fuerza por el producto $m.v$ o $m.v^2$, vemos que hay ahí una pura convención, pues a voluntad podemos medir, según el tiempo o según el camino recorrido, la fuerza de un cuerpo en movimiento y luchando contra otra fuerza. Examinada en todas sus consecuencias, la paradoja de W. Thomson y J. Thomson para la congelación del agua ha hecho descubrir que la presión disminuye el punto de fusión.

No se resuelven todos los problemas que se presentan en el transcurso del desarrollo de la ciencia. Al contrario, muchos han sido dejados de lado porque se ha reconocido que no involucran cuestión y es un progreso esencial el suprimir las cuestiones mal planteadas. También es un progreso demostrar que carecen de sentido. Así, la ciencia se libera de un fardo inútil y perjudicial, adquiere una profundidad y una nitidez de visión que entonces se aplica a otros problemas fecundos. No puede hacerse pasar un círculo por cuatro puntos arbitrarios, aun cuando tres son suficientes para determinarlo. Cualquiera puede darse cuenta de ello fácilmente. Pero, demostrando que la cuadratura del círculo no puede ser obtenida sino en forma aproximada o que las ecuaciones de quinto grado no pueden ser resueltas bajo una forma algebraica finita, se demuestra que problemas, que han ocupado infructuosamente a numerosas generaciones, son insolubles o no tienen sentido, lo que es de un valor inestimable. Daré como ejemplo la prueba de la imposibilidad

del movimiento continuo: la eliminación de este problema ha tenido como consecuencia el descubrimiento del principio tan fecundo de la conservación de la energía.

En todas las ramas de la ciencia, encontramos problemas abandonados, o que en el curso del tiempo han sufrido modificaciones tan fundamentales que apenas si parecen los problemas primitivos. Ya no se trabaja en cosmogonías, en el sentido antiguo. Muy pronto, nadie pensará en reducir los fenómenos psíquicos a movimientos atómicos, ni tratará de explicar la conciencia por medio de una sustancia particular.

Un teorema científico es, como todos los teoremas geométricos, de la forma "si M lo es, lo es N", dependiendo M y N, en forma más o menos complicada, de fenómenos donde una determina a la otra. El teorema puede ser un resultado inmediato de observación, o puede ser obtenido inmediatamente por reflexión o por comparación de observaciones ya conocidas. Cuando el teorema parece no concordar con otras observaciones o con ideas que se relacionan con estas observaciones, se plantea un problema y este problema puede ser resuelto *de dos maneras*. El teorema "si M lo es, lo es N" puede ser *deducido* o *explicado*, gracias a una serie de intermediarios, por proposiciones que expresan hechos ya conocidos. En este caso, nuestras ideas estaban *ya mejor adaptadas* a los hechos y mejor adaptadas entre sí de lo que suponíamos. Concuerdan con el nuevo teorema; lo único era que el acuerdo no era evidente. Resolver así el problema, es deducir *sintéticamente* de proposiciones ya conocidas, una nueva proposición. Todos los problemas fáciles son de esta naturaleza.

Siempre se buscará en esta vía y se procurará tener fortuna. Naturalmente, depende de la ciencia ya adquirida que la solución se obtenga o no. Así Galileo explica que los polvillos pesados flotan en el agua y en el aire, porque caen muy lentamente a causa de su grado de di-

visión extrema. Huygens deduce completamente el movimiento del péndulo de la mecánica de Galileo. Segner, Euler, d'Alembert, triunfan en explicar mecánicamente los curiosos fenómenos que presenta el trompo. Se concibe que el agua ascienda en el brazo más corto del sifón, como una cadena sale sola de un vaso franqueando su borde, cuando se ha dejado fuera una longitud suficiente; sólo que aquí las partes de la cadena se continúan unas a otras, mientras que el agua es mantenida por el horror al vacío o la presión atmosférica. Los fenómenos de los colores que Brewster observa en láminas de igual espesor, se explican por las leyes ya conocidas de la óptica, a pesar de lo raro del fenómeno. Siempre una reflexión atenta mostrará que estos problemas, o problemas análogos, no tenían solución en esa forma en una época anterior de la ciencia, y esto naturalmente, nos conduce a examinar el *segundo* método.

Si no encontramos principios conocidos con los cuales un hecho observado, o un hecho que es consecuencia rigurosa de las observaciones, puede concordar, una nueva adaptación de nuestros pensamientos debe proporcionarnos *nuevas* proposiciones fundamentales. Puede ser que la nueva concepción se vincule inmediatamente al hecho en cuestión, o que nos adelantemos *analíticamente*. Buscamos la condición de quien depende directamente el hecho, luego la condición de esa condición y así seguidamente. Concibiendo en una forma distinta una u otra de estas condiciones, generalmente podremos comprender el hecho insólito o que parecía demasiado complejo.

Aplicado a la geometría, que es un campo bien conocido y bien despejado, el procedimiento analítico conduce también a nuevas concepciones, tales como la noción de las propiedades proyectivas, que simplifica y facilita las demostraciones y la solución de los problemas. Los fenómenos naturales constituyen incomparablemente un campo más rico y más amplio que el de la geometría;

por decirlo así, es inagotable, y hasta ahora ha sido poco estudiado. Estamos seguros de que el procedimiento analítico nos hará necontrar aún nuevas proposiciones fundamentales. El carácter esencial de la nueva concepción a que somos conducidos, es el de tener en cuenta circunstancias anteriormente descuidadas.

Aclaremos esto con algunos ejemplos y empecemos por uno de los más simples. Vemos caer los cuerpos de arriba abajo según la vertical. Esta dirección y este sentido de la caída son, en forma inmediata, *fisiológicamente* determinados por nosotros hombres, cuya organización es geotrópica. Para los hombres que viven en un mismo lugar, esto viene a ser una *orientación física*, el cielo arriba, la tierra abajo y creemos en una orientación absoluta válida para todo el mundo. Cuando la astronomía y la geografía nos enseñan que la tierra es una esfera habitada en todas partes, inmediatamente no podemos comprender como los objetos móviles de las antípodas no caen. Desde niños hemos tomado por dirección de la gravedad la que es determinada por nuestro cielo y nuestro suelo y sólo más tarde, la que va al centro de la tierra; la mayor parte de nosotros, bajo la influencia de la enseñanza escolar pasamos, como en un sueño, de una concepción a la otra.

El movimiento de un cuerpo pesado aislado muy pronto nos es familiar, pero si vemos un cuerpo pesado hacer subir un cuerpo liviano con ayuda de una polea, aprendemos a tener en cuenta la relación que existe entre varios cuerpos solidarizados y sus pesos. Si se efectúan experiencias con una palanca de brazos desiguales o con otras máquinas, los *desplazamientos simultáneos* en el sentido de la gravedad intervienen al mismo tiempo que los *pesos*, y la magnitud importante es el producto de los números que los miden, es decir, el *trabajo*. Si vemos un cuerpo sumergido en el agua, hundirse, flotar en ese medio o sobrenadar, y si buscamos tener un conocimiento más completo de estos fenómenos, somos llevados a tener

en cuenta los pesos de *volúmenes iguales*. La ascensión del agua en las bombas a pesar de la gravedad, lleva a la idea genial del *horror al vacío*. Con esta concepción todo se hizo inmediatamente inteligible, particularmente esa sorprendente sobrepresión de la gravedad, pero más tarde se encontraron hechos donde faltaba el horror al vacío. Torricelli mide este horror al vacío para diferentes líquidos y encuentra que una presión determinada de un fluido es suficiente para explicar todos los casos. Torricelli y Pascal emplean así el método analítico transportándolo a una condición más lejana.

Los cuerpos que se abandonan a sí mismos, descienden en ciertos casos y suben en otros. La vieja física de Aristóteles considera esos casos como diferentes. Galileo lleva su atención sobre la *aceleración* del movimiento y entonces todos estos casos entran los unos en los otros y se hacen fáciles de comprender.

A menudo el azar ofrece adaptaciones insuficientes que dirigen la atención hacia nuevas circunstancias e impulsan a nuevos estudios analíticos y a adaptaciones que se extienden a las más variadas experiencias. La naturaleza nos ofrece, sin darnos la demostración, teoremas análogos a los de la geometría o problemas resueltos sin dar su solución, y nos deja investigar los principios de la demostración y de la solución. Siendo la naturaleza infinitamente más complicada que el espacio, la tarea de la física es mucho más ardua que la de la geometría.

Estos pocos ejemplos muestran ya que es por vía *analítica* como se han hecho los más grandes descubrimientos. Los principios de la mecánica general y la óptica de Newton nos ofrecen otras pruebas. La investigación analítica de las condiciones que supone un hecho dado, es un problema mucho menos determinado que la investigación de las consecuencias de condiciones fijadas, también este trabajo sólo se hace paso a paso y por tanteos, con ayuda de hipótesis, en las cuales lo que exactamente

se ha adivinado se encuentra en medio de cosas falsas e inútiles, y la sucesión de los pensamientos del sabio es fuertemente influenciada por las contingencias. La semejanza de la luz y de las ondas líquidas o sonoras conduce a Huygens a su teoría ondulatoria; la de la luz y los proyectiles y la observación que hace creer equivocadamente que la luz no presentaba el fenómeno de difracción, conduce a Newton a su teoría de la emisión; Hooke presta atención precisamente sobre la periodicidad que Huygens ignora completamente y que Newton interpreta en otra forma. Cada uno de estos sabios ha conquistado grandes méritos en esta cuestión. Cada uno de ellos era guiado en su análisis por contingencias diferentes del pensamiento y sus tres análisis se reúnen actualmente en un análisis *más completo*.

El papel de la hipótesis se explica a la luz de las ideas de Platón y de Newton sobre el método analítico. No podemos tener claridad suficiente sobre lo que no conocemos, provisoriamente nos imaginamos condiciones intuitivas de especie conocida y consideramos como resuelto el problema que debemos resolver. El camino que va de las condiciones supuestas al hecho, es entonces relativamente fácil de entrever; se modifican las hipótesis hasta que ese camino conduzca en forma suficientemente exacta al hecho dado. Invirtiendo la marcha de las ideas, se sigue el camino que va del hecho a sus condiciones. Cuando se ha apartado de las hipótesis todo lo que es superfluo, se ha terminado el análisis. En geometría, como en las ciencias físicas y naturales, el método analítico es el mismo: comporta como medio a la hipótesis. Únicamente, el dominio de las otras ciencias distintas a la geometría, es más vasto, menos escudriñado, menos completamente conocido; la elección de las hipótesis es *menos metódicamente limitada*; lo arbitrario, el azar, la probabilidad intervienen más y el peligro del error es más grande.

Newton presentó su teoría de la luz porque no encontraba suficiente, desde el punto de vista cuantitativo, el acuerdo entre los fenómenos del prisma y la ley de la refracción aceptada en su época.

Ensayemos ahora reconstruir la marcha de las ideas que llevan al principio de la *imposibilidad del movimiento continuo*. Encontramos ya a Stevin en posesión de ese principio: muy hábilmente deduce un gran número de teoremas difíciles en la estática de los sólidos y de los líquidos. Seguramente Stevin había aprendido de sus precursores muchos casos particulares de la estática y se esforzó en reunir en una fórmula lo que había de común en todos esos casos. Se encuentra la prueba de ello en lo que dice de los sistemas de poleas, a propósito de los cuales enuncia el principio de los desplazamientos virtuales¹. Supongamos que se hubiera planteado la pregunta: ¿Qué es lo que hay de común en *todos* los casos de la estática y qué principios es necesario emplear para agrupar los casos más diferentes? Bien pronto habría reconocido midiendo las fuerzas con ayuda de pesos, que una ruptura del equilibrio, un comenzar del movimiento, no se produce sino cuando un exceso de peso puede caer. No puede producirse movimiento en el cual la distribución de las masas quedase la misma, pues si ese movimiento comenzara debería continuar indefinidamente. Stevin establece ciertas leyes de equilibrio, mostrando que si ellas no existieran, se estaría conducido al absurdo de un movimiento sin fin, sin que varíe la distribución de los pesos. Consideraciones particulares conducen así a la condición general del equilibrio. Stevin nos ofrece aquí la imagen de todos los grandes sabios. Para confirmar la exactitud de nuestra hipótesis sobre la marcha de las ideas de Stevin, señalemos que cuando Galileo se ocupa del plano inclinado, razona en la misma forma.

¹ Hoy se lo llama: principio de *los trabajos virtuales*. (N. del T.)

Un principio general como el de Stevin, tiene sobre los principios de detalle que pueden deducirse, esta superioridad que *su contrario contrasta muy fuertemente con el conjunto de nuestras experiencias instintivas.*

Considerando los casos particulares del movimiento de los cuerpos sólidos, Galileo encuentra que la velocidad depende de la altura de caída. Una notable experiencia con el péndulo lo lleva a examinar la condición general de todos los casos particulares: cualquiera que sea la trayectoria sobre la cual un cuerpo pesado pueda moverse, la velocidad que alcanza no puede hacerle ascender más alto que el nivel por el cual pasó con velocidad nula. Según la expresa nota de Huygens, los cuerpos pesados *no ascienden por sí mismos.* En estas ideas, Huygens resuelve también el difícil problema del centro de oscilación, como Galileo había resuelto con ayuda de su concepción general, los problemas particulares. A la más intensa luz aportada por Huygens, el principio de Stevin toma el sentido siguiente: únicamente por el descenso del centro de gravedad de los cuerpos es que puede acelerarse el movimiento de esas masas.

Sadi Carnot, fué el primero que expresamente supuso que el principio *mecánico* de la conservación de la fuerza viva era *aplicable más allá de los fenómenos mecánicos* y facilitó el camino de lo que se llama el principio de conservación de la energía. Esta concepción general, que también se aproxima mucho a nuestras ideas instintivas, se ha mostrado extremadamente ventajosa para la solución de problemas especiales. Mientras que por el pensamiento abstracto consciente, la investigación aclara un número siempre creciente de detalles de la experiencia, los principios más generales hacen siempre más estrecho y más sólido el vínculo con las bases *instintivas* de nuestra vida psíquica.

CAPÍTULO XVI

LA RELACIÓN DE CAUSA A EFECTO
Y LA NOCIÓN DE FUNCIÓN

El hombre, viviendo constantemente en el mismo círculo, a menudo ha encontrado cuerpos que le proporcionan ciertas sensaciones, siempre las mismas, asociadas entre sí. Por un hábito instintivo, *admite la constancia de estas relaciones* y ello viene a ser un factor importante en su desarrollo biológico. La fijeza de los elementos, reunidos en un mismo punto del espacio y del tiempo, ha contribuido a formar la noción de sustancia. Existen además otras relaciones constantes, que dejan más juego a las variaciones del espacio y del tiempo. He aquí algunos ejemplos: un cuerpo pone en movimiento a otro cuerpo con quien choca, la piedra cae si se la abandona a sí misma, la sal se disuelve en el agua, etc.

Hemos visto que nuestras impresiones físicas y psíquicas se componen de elementos comunes que tienen un carácter provisorio. La observación atenta nos enseña que no existen elementos aislados constantes. Si algunos elementos parecen ser constantes, como el color para una iluminación siempre idéntica, ello obedece únicamente a la constancia fortuita de otros elementos que les son ligados. Las relaciones tampoco tienen una constancia absoluta: nos lo enseñan diariamente la física, la química y la fisiología de los sentidos. No nos queda pues, más que una constancia general de las relaciones. Si contamos con los elementos, las sensaciones de espacio y de

tiempo, todas las permanencias de relaciones vienen a ser dependencias mutuas de los elementos entre sí. Las necesidades biológicas nos han hecho notar naturalmente ante todo las relaciones más simples, que son inmediatamente accesibles a los sentidos. Sólo más tarde, logramos alcanzar deliberadamente relaciones más complicadas y más generales que no podemos captar más que por abstracción.

Hemos aprendido, instintivamente y por reflejo, esta rutina y la utilizamos conscientemente; es lo mismo para ciertas nociones que, nacidas instintivamente por nuestra organización psíquica bajo la influencia del medio, se han mostrado biológicamente importantes y se han fijado en la conciencia.

En ninguna manera es necesario admitir que la noción de la dependencia de los elementos entre sí sea innata; al contrario, podemos observar su desarrollo progresivo. Durante mucho tiempo los porqué y los en consecuencia, no han tenido más que el sentido de coincidencia temporal y espacial, antes de tener el de causalidad, y esto es bien comprensible. Si todo sucediera con una regularidad perfecta, sin la menor perturbación, como la noche sucede al día, nuestra adaptación sería inconsciente. Es necesario una alternativa de regularidad y de irregularidad para que los intereses biológicos nos obliguen a plantear las preguntas: ¿Porqué los acontecimientos son unas veces semejantes y otras diferentes? ¿Cuáles son las cosas invariablemente unidas entre sí? ¿Cuáles son las que se acompañan fortuitamente? Esta distinción nos conduce a los conceptos de causa y de efecto. Llamamos *causa* un acontecimiento al cual está ligado otro acontecimiento: el *efecto*.

Esta relación, la mayor parte de las veces no es entrevista sino en forma muy superficial e incompleta. En general, no se toma como causa y efecto más que dos partes más sorprendentes de un fenómeno y el análisis

más exacto casi siempre muestra que la pretendida causa no es otra cosa que el *complemento* de todo un conjunto de circunstancias, que determinan el efecto. También este complemento es muy distinto según que se tenga en cuenta tal o cuál parte del conjunto o que se lo descuide.

Sea por un hábito instintivo, sea consciente y metódicamente, suponemos que las relaciones de los elementos son constantes y todo *cambio inesperado* nos hace buscar una causa. Todo cambio aparece como una perturbación; rompe el vínculo habitual, nos inquieta y plantea un problema.

Cuando las ciencias están muy desarrolladas, emplean cada vez más raramente los conceptos de causa y de efecto. La razón está en que tales conceptos son provisorios, incompletos e imprecisos. Desde que se llega a caracterizar los hechos por magnitudes mensurables, lo que inmediatamente se hace para el espacio y el tiempo, lo que se realiza indirectamente para los otros elementos sensibles, la *noción de función* permite representar mucho mejor las relaciones de los elementos entre sí. Y esto no es verdadero solamente cuando los elementos, en número superior a dos, dependen inmediatamente unos de los otros, por ejemplo en la fórmula $p v/T = \text{constante}$, sino también cuando los elementos considerados se encuentran que dependen unos de otros en forma mediata, por cadenas múltiples de elementos intermedios. Las ecuaciones de la física permiten comprenderlo bien.

Si varios elementos están ligados por una sola ecuación, cada uno de ellos es una función de los otros; los conceptos de causa y de efecto son entonces intercambiables. Supongamos dos cuerpos conductores del calor que se tocan y están aislados de los otros, la variación de temperatura del uno es la causa de la variación de temperatura del otro, e inversamente. Pero si entre un cuerpo

caliente y un cuerpo frío existen otros intermediarios, la variación de temperatura del uno no es suficiente para hacer conocer la variación de temperatura del otro y todos los cuerpos intermediarios intervienen. Aun en el caso simple donde todos los cuerpos puedan considerarse como puntos, es necesario escribir tantas ecuaciones diferenciales como cuerpos existen y cada ecuación contiene, en general, variables que se relacionan con todos los cuerpos. Si se triunfa en obtener una ecuación que sólo contenga una variable, puede integrarse y se está conducido a otras integrales, donde las constantes están determinadas por las condiciones iniciales. Este ejemplo, extremadamente simple, es suficiente para hacer sentir que las nociones vulgares de causa y de efecto son *insuficientes* y que, cuando se introduce la noción de función, vienen a ser *superfluas*.

Si se consideran los fenómenos físicos en detalles y con cuidado, parece que pudiera considerarse todas las dependencias inmediatas como recíprocas y simultáneas. Lo contrario tiene lugar para las nociones vulgares de causa y de efecto: el efecto sigue a la causa y su relación no es reversible. Citemos como ejemplo la explosión de la pólvora en un fusil y el movimiento del proyectil: hay ahí intermediarios que ponen en juego un número infinito de términos y el cuerpo golpeado no restituye el trabajo de la pólvora.

La manera de comprender la causalidad ha variado en el curso del tiempo y puede todavía modificarse; no hay razón para creer que se trate de una noción innata. La individualidad psíquica se desarrolla en contacto con el medio: seguramente el organismo aporta ya alguna cosa innata y ante todo, aporta la excitabilidad refleja. No sólo el sistema de las sensaciones de espacio y de tiempo es innato, sino también las energías específicas de todos los sentidos con los sistemas de sensaciones po-

sibles. Únicamente investigaciones positivas de psicofisiología y no decretos filosóficos, pueden determinar sobre lo que es innato. En lo que concierne a la causalidad, sólo pueden ser innatos los vínculos orgánicos, bases de las asociaciones posibles, pues se ha visto que las asociaciones mismas son adquiridas por el individuo.

La expectación instintiva de ciertas permanencias, que resulta del contacto con el medio, se transforma por una evolución natural en una suposición metódica y consciente; pasa a ser un postulado necesario de la investigación científica. Estas permanencias son relaciones o ecuaciones funcionales entre los elementos de aquello que nos es dado. En general, importa poco que veamos en las ecuaciones de la física la expresión de sustancias, de leyes o de fuerzas: ellas siempre expresan dependencias funcionales. Por ejemplo, la ley de la energía encuadra muy bien con diversas concepciones que, por ello mismo, no podemos considerar tan esencialmente diferentes como parecen serlo.

Es imposible probar la justeza de la tesis *determinista* o *indeterminista*. Sería necesario que la Ciencia estuviera completa o fuese imposible para que la cuestión quedara zanjada. Pero, mientras hacen investigaciones todos los sabios son forzosamente deterministas teóricamente. Sucede lo mismo cuando sólo se trata de probabilidades. La ley de los grandes números de J. Bernoulli sólo puede deducirse con hipótesis deterministas y las proposiciones del cálculo de probabilidades no tiene valor más que si los azares son *regularidades disimuladas* por las complicaciones. Suponemos que existen ciertas permanencias, pero ello no impide que esta suposición sea *infalible*. Al contrario, el sabio debe esperar siempre una posible decepción. Nunca sabe si ha tenido en cuenta a todas las relaciones que intervienen en un caso dado. Su experiencia, limitada en el espacio y el tiempo, no le ofrece más

que un pequeño trozo de la historia del mundo. Un hecho experimental nunca se repite dos veces exactamente en las mismas condiciones. Cada nuevo descubrimiento revela lagunas en nuestros conocimientos y nos muestra que existen otras relaciones descuidadas hasta entonces. Es necesario pues que quien profese en teoría un determinismo extremo, permanezca prácticamente indeterminista, especialmente si no quiere renunciar a los descubrimientos más importantes.

La Ciencia se constituye por los hechos; ella no es posible sin cierta estabilidad de los hechos y una estabilidad de las ideas corresponde a la estabilidad de los hechos, adaptándose. Quizá, no exista estabilidad *perfecta*. En todo caso, la estabilidad es suficiente para que podamos fundar una Ciencia útil.

Cuando se ha llegado a prestar atención a las relaciones mutuas de los elementos y a investigar deliberadamente, se está naturalmente en posesión del método que conduce a ello. Las cosas que dependen una de otra generalmente cambian en conjunto: el método de las variaciones concomitantes sirve siempre. Está en la base de las indicaciones de Aristóteles y de las explicaciones detalladas de Bacon. Cuando Herschell habla del vínculo indisoluble que une el efecto a su causa y señala que el aumento, la disminución o la destrucción de la causa determinan las variaciones del efecto, plantea las reglas directrices de la investigación. Las restricciones que se ve forzado a hacer demuestran claramente que, sabio experimentado, siente bien la insuficiencia de estos dos conceptos, causa y efecto. ¿Cómo un experimentador que, en casos simples, encuentra a menudo el paralelismo de las variaciones, podría ignorar que no debe tampoco suponer su existencia en los casos complicados?

Para cumplir su tarea, el sabio tiene la noción de función y el método de las variaciones. Lo que le es nece-

sario además, se lo mostrará el conocimiento especial de su tema y para esto no pueden darse reglas generales. El método de las variaciones está en la base de la investigación cualitativa y de la investigación cuantitativa; recurre a la observación como a la experimentación y guía la experimentación mental, que conduce a la teoría.

CAPÍTULO XVII

EJEMPLOS DE INVESTIGACIONES
EN LA CIENCIA

Para comunicar a los otros hombres la adaptación de los pensamientos a los hechos, hacemos una descripción tan *simple* como sea posible, una exposición *económica* de los hechos. Es necesario que esta descripción sea coherente, completa y sin superabundancia. Por generales y vagas que puedan parecer estas características de la investigación científica, ellas hacen comprender la actividad del sabio mejor que las descripciones más especiales, no insistiendo sino en un lado de esta actividad.

Las representaciones astronómicas científicas se han desarrollado partiendo de ideas ingenuas y vulgares. La rotación de la *bóveda celeste* y de la esfera de las estrellas fijas, *alrededor de la tierra*, es la expresión inmediata de la observación. Los movimientos del sol y de la luna, como el de los planetas, difieren del de las estrellas fijas. Con la ayuda de los *epiciclos*, de una representación geométrica bastante simple, Hiparco logra deducir las desigualdades del movimiento del sol y de la luna y este método es extendido por Ptolomeo a los movimientos de los planetas. Filolao, Architas, Aristarco y finalmente Copérnico, desarrollan la *teoría heliocéntrica* que, como lo demostró Kepler hace superfluos once movimientos del sistema geocéntrico. Suponiendo al sistema planetario regido por relaciones místicas de números y de distancias, Kepler se esfuerza por encontrar estas relaciones mediante

construcciones de alta fantasía y por tales especulaciones es conducido al descubrimiento de su tercera ley: los cuadrados de los tiempos de revolución son para todos los planetas proporcionales a los cubos de sus distancias al sol. Da el ejemplo de la Tierra y de Saturno. El estudio del movimiento de Marte, según las observaciones de Tycho, lo lleva a la ley de las áreas como una hipótesis física que enseguida se confirma. Entonces imagina que los "animae motrices" que arrastran a los cuerpos celestes alrededor del sol, disminuyen cuando aumenta la distancia al sol. Esto explica bien la segunda y la tercera ley. Después de un gran número de ensayos infructuosos, concibe el movimiento elíptico de los planetas teniendo al sol como foco y extiende estas tres leyes a todos los planetas.

La tarea de Newton se reduce entonces a deducir estas numerosas descripciones de detalle, de la hipótesis de una *aceleración inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al sol*. Considera estas aceleraciones de los planetas como casos particulares de una aceleración general y recíproca de las masas, donde la caída de los cuerpos hacia la superficie de la tierra representa el caso más conocido. Newton reduce así los movimientos astronómicos a un problema más general de mecánica física. Además, este paso estaba ya preparado por las ideas de Copérnico y sobre todo de Kepler, sobre la gravedad considerada como una atracción general y recíproca de las masas. No solamente dice Kepler que las "animae motrices" hacen girar los planetas elípticamente sino también que la luna caería hacia la tierra, "si luna et terra non retinerentur vi animalis, aut alia aliqua aequipollenti, quaelibet in suo circuitu". A los dos le fallaron las vistas generales que Galileo y Huyghens desarrollaron sobre los fenómenos dinámicos. Es eso lo que les impide ir más lejos.

Si se considera este desarrollo histórico, no puede des-

conocerse una imitación de más en más exacta de los hechos astronómicos. Primeramente, son los movimientos aparentes de los cuerpos celestes en la esfera de las estrellas fijas, luego sus desigualdades y finalmente, las distancias a la Tierra y sus cambios, los que atraen la atención. Actualmente, no puede considerarse el sistema de las estrellas fijas como una esfera, ni como un conjunto invariable. El proceso no está cerrado, ni puede estarlo. Vemos que la descripción se simplifica con el tiempo y viene a ser *más económica*, de manera que hoy no está más limitada a los hechos para los cuales fué construída, sino que es valedera en límites mucho más extensos. Estas simplificaciones no se efectúan rápidamente; exigen mucho tiempo. La "Astronomía Nova" de Kepler es particularmente instructiva por sus propias confesiones y por la exposición de sus errores. Fueron necesarios veintidós años de trabajo para alcanzar el resultado buscado. Sabemos que Newton emplea años para proporcionar madurez a su sistema. Una imaginación potente y activa pone en claro innumerables construcciones muertas al nacer, antes que una u otra de estas producciones sea reconocida como el verdadero medio de simplificación.

La investigación metódica casi no puede ser útil mientras se desconoce la solución, que se manifiesta como tal al investigador sorprendido después que la ha adivinado. La astronomía, cuyo desarrollo ha proseguido durante siglos en las cabezas más diversas, muestra bien que la Ciencia no es un *quehacer* personal: es una *cuestión* social.

Las ideas simplificadoras pueden provenir también de otra rama de la Ciencia. El geómetra y el que se dedica a la mecánica¹ emplean corrientemente los epiciclos.

¹ Los matemáticos reconocieron que la representación de un movimiento periódico cualquiera mediante epiciclos procede del mismo principio que el empleo de las series de Fourier y que nuestra física matemática costea la astronomía de los antiguos.

Experiencias diarias, realizadas sobre los movimientos aparentes y los desplazamientos perspectivos, ciertamente han ayudado a Copérnico; a todo ello en Kepler se unen ideas místicas y animistas; finalmente aparece Newton, el físico y el geómetra asombroso, que separa todo lo que es superfluo. Para la solución de estas cuestiones, la *agudeza* del juicio crítico tiene su importancia sobre el *valor económico* de las ideas que se han elegido al azar y que se trata de probar, pero la *extensión* del círculo de representaciones puede tener igual importancia. Naturalmente, es necesario que el camino abierto por el genio más grande sea practicable para todos los hombres. Es necesario que la dinámica, preparada de antemano, se encuentre ahí para encontrar su aplicación en la astronomía. Un atento examen muestra toda la importancia del desarrollo psíquico individual. Huyghens, astrónomo y físico, ha desarrollado todos los medios que permiten explicar el sistema planetario y no resuelve la cuestión ni tiene clara inteligencia del problema que se plantea. Pero pensando en vincular a la gravedad los movimientos astronómicos, debía muy pronto encontrar el nudo del problema. Debía buscar una relación entre la aceleración y el alejamiento y la tercera ley de Kepler indica netamente que ella está en razón inversa del cuadrado de la distancia.

En verdad, Hooke, que no es comparable a Huyghens como matemático, estaba respaldado por sus ideas sobre la *radiación* de la gravedad; había captado este punto y precedido a Newton, pero solamente Newton pudo tratar toda la cuestión matemática.

Consideremos otro ejemplo: desde la antigüedad se habían observado muy superficialmente los fenómenos eléctricos y magnéticos, confundiéndolos generalmente hasta que Gilbert hizo resaltar nítidamente la diferencia que los separa y Guericke comenzó un estudio más exacto de la electricidad. El descubrimiento de los dos estados

eléctricos diferentes hecho por Du Fay, el conocimiento de la diferencia entre los conductores y los aisladores y la riqueza de los fenómenos que poco a poco se descubrieron, permitió a Coulomb crear frente a la vieja teoría unitaria de Epinus, una teoría matemática dualística más completa. Coulomb trata igualmente los fenómenos magnéticos. Poisson desarrolla más las dos teorías y la analogía entre el magnetismo y la electricidad reaparece nuevamente. Esta pura analogía dejaba ya adivinar una relación entre estas dos ramas de la Ciencia y este presentimiento fué confirmado por observaciones fortuitas, tales como la imantación de las agujas de acero por descargas eléctricas. Sin embargo, no se había llegado a ningún resultado importante, hasta que Volta construyendo su pila, da un nuevo impulso al estudio de la electricidad: nuevamente se intenta, pero en vano, captar esta relación. Oersted finalmente consigue encontrarla. Por azar observa, en el transcurso de una clase, que la aguja magnética se desplazaba cuando se cerraba una pila de Volta. Tuvo entonces en la mano el hilo director tan largo tiempo buscado por él y por otros y trató de no perderlo. Colocando la aguja en todas las posiciones posibles con respecto al circuito eléctrico, Oersted pudo suministrar una descripción de todos los fenómenos observados. Esta descripción, completamente correcta, no es muy cómoda de seguir y las expresiones que contiene no son familiares a los lectores actuales. Ampère agrupa los hechos en la siguiente regla: El polo norte se coloca a la izquierda de un observador dirigido según la corriente positiva y mirando hacia el polo. Por primera vez, Ampère emplea la palabra "corriente", en lugar de la expresión de Oersted "conflicto eléctrico". Oersted reconoce que el "conflicto eléctrico" no ejerce *ninguna atracción* y que a pesar de la interposición de vidrio, madera, metales, agua, etc., continúa provocando los mismos movimientos de la aguja que, desde entonces, no

ejerce fuerza electrostática atractiva o repulsiva, no está limitado al hilo conductor sino que se extiende en el espacio circundante. Concibe que una materia eléctrica gira alrededor del hilo en un sentido determinado arrastrando al polo norte, mientras que otra materia eléctrica, girando en sentido contrario, arrastraría al polo sur. En verdad, sabemos que con un dispositivo conveniente, puede hacerse girar un polo alrededor del conductor. Estas ingenuas representaciones, más próximas a las que tenemos actualmente que a las ideas clásicas, que circularon hasta la mitad del siglo XIX, fueron desarrolladas y aclaradas por Seebeck y Faraday. Seebeck ya habla de las líneas de fuerza magnética circulares.

Examinemos el caso con atención y reconoceremos que lo que aquí se *busca* fué encontrado por un feliz azar. Además, este azar habría podido encontrárselo sin que se lo buscara, como ha sucedido con los rayos de Röntgen y con muchos otros descubrimientos. Pero dos circunstancias que nadie podía prever, muestran bien que el descubrimiento no podía hacerse según un *plan*. Ante todo, nadie podía prever que un estado eléctrico *dinámico* creara un estado *magnético estático*. Es por ello que en vano ensaya Oersted ciertas experiencias para encontrar la acción sobre el imán de la cadena abierta. ¿Cómo gente que sólo conocía fenómenos estáticos habría podido efectuar experiencias con estados dinámicos? En segundo lugar, en electrostática, casi todo² es simétrico desde el punto de vista positivo y negativo, como en el magnetismo estático; entonces, ¿quién habría podido esperar que el polo norte fuese desviado en forma asimétrica fuera del plano determinado por la aguja y por un conductor paralelo a esa aguja?

Todos aquellos que han revivido con el pensamiento

² Si se hace abstracción de los fenómenos de descargas unipolares, de las figuras de Lichtenberg, etc.

la experiencia de Oersted han debido experimentar gran emoción, pues de improviso han tenido conocimiento de un mundo hasta entonces insospechado. ¿Quién era ese ser físico maravilloso que turbaba ahí una simetría aparentemente completa?

El descubrimiento de Oersted estimula potentemente la imaginación y el celo de los investigadores molestos por el fracaso y muy pronto se descubren importantes relaciones entre la electricidad y el magnetismo. Podía esperarse, como reacción mecánica, que una corriente móvil fuese puesta en movimiento por el imán, y Oersted lo demuestra; Ampère adivina la acción recíproca de las corrientes entre sí, apoyándose en sus acciones magnéticas. A él mismo su conjetura le parece audaz, puesto que un trozo de hierro dulce frente a los imanes, se comporta como un imán y permanece inerte en presencia de otro trozo de hierro dulce. La experiencia le da la razón. Actualmente su teoría matemática, influida por las ideas newtonianas de fuerzas a distancia, no resiste la crítica; sin embargo, hizo ver cómo puede pensarse en reemplazar en sus acciones a todas las corrientes por imanes y a todos los imanes por corrientes. Rápidamente y en forma brillante, dió a la física de su tiempo un extraordinario medio de investigaciones.

Si las corrientes se comportan como imanes frente a los imanes, debía esperarse que estos se comportasen igualmente frente al hierro y al acero. No obstante, parece que Arago no ha sido conducido al descubrimiento del electromagnetismo con esta única reflexión, y que una observación fortuita sirvió de algo: un hilo, atravesado por una corriente sumergida en limaduras de hierro, se recubre de limadura hasta alcanzar el espesor del cañón de una pluma, y al interrumpirse la corriente, deja caer la limadura. Basado en esa observación, imantó pequeñas varillas de hierro y agujas de acero, con ayuda de un conductor recorrido por una corriente y que colocó

perpendicularmente a su dirección. Por instigación de Ampère, Arago coloca estos pequeños cuerpos en bobinas. Citaré todavía otro descubrimiento de Arago, debido al amortiguamiento de las oscilaciones de una aguja magnética colocada encima de un disco de cobre. Admitiendo la igualdad de la acción y la reacción, hizo girar el disco rápidamente, la aguja giró también y el cobre muestra un "magnetismo de rotación aparente".

Se sabía imanar un trozo de hierro dulce por medio de una corriente. Durante mucho tiempo, Faraday busca en vano obtener corrientes con ayuda de imanes; finalmente, un feliz azar lo colocó en la senda adecuada. Introduciendo y retirando el núcleo magnético de una bobina cerrada sobre un galvanómetro, observa una desviación momentánea de la aguja. El descubrimiento de la inducción acababa de ser hecho y Faraday conoció muy pronto todas sus formas y todas las leyes. Entonces fué fácil mostrar que existían corrientes en el disco giratorio de Arago que, naturalmente, producían una acción magnética. Antes, nadie hubiera podido pensarlo, aunque esto estuviere muy próximo del principio de equivalencia de las corrientes y los imanes enunciado por Ampère. Cuanto mayor es el número de investigadores, mayores son las probabilidades para que todas las posibilidades psicológicas queden agotadas y el progreso científico será más rápido. Naturalmente, si se hubiese estudiado en todos sus sentidos la experiencia del disco de Arago, se habría descubierto la inducción siete años antes. Todavía en otro sentido este descubrimiento es notable: como veremos en seguida sin dificultad, reproduce aproximadamente la situación intelectual de Oersted. A es independiente del valor actual de B, pero se modifica cuando B varía. En el caso de Oersted, B es el estado estático; en el caso de Faraday, es la corriente constante, el estado estacionario. Un genio como Faraday no piensa en seguida en tal aproximación que pudo

encontrarse fácilmente más tarde. De paso, señalemos que las ecuaciones de Maxwell y de Hertz sólo contienen una exposición más completa y más clara de las relaciones de la electricidad y del magnetismo. Estas ciencias en seguida formaron un todo inseparable tendiendo a absorber la óptica: tenemos así un segundo ejemplo de un descubrimiento científico que se extiende desde la antigüedad a los tiempos modernos.

Van Marum observó el olor particular que se siente durante el funcionamiento de una máquina eléctrica, notablemente cuando la electricidad escapa por las puntas. En 1839, Schönbein tuvo varias veces la oportunidad de percibir este olor, que acompaña al rayo mientras aparecía una nube azulada, y más tarde, vuelve a encontrarlo en la electrolisis del agua con el oxígeno puesto en libertad. El químico vincula ese olor con una sustancia gaseosa. Era ello tanto más verosímil cuanto la sustancia olorosa daba rápidamente una polarización negativa del oro o platino que se sumergía y que la plata y otros metales se oxidaban rápidamente. Mostraba propiedades químicas particulares que desaparecían con el calor y es natural que Schönbein considere como una combinación a esta sustancia diferente del oxígeno con el cual se encuentra mezclada, y la llama oxono.

Luego se nota que la combustión lenta del fósforo en el aire desarrolla ese olor característico; se hacen experiencias químicas que provocan numerosas controversias. Finalmente, de la Rive demuestra en 1845, que el ozono es una modificación alotrópica del oxígeno, como Margnac lo había adivinado. Por este ejemplo, se ve netamente qué importante papel ejerce la imaginación en los descubrimientos, haciendo posibles la comparación y la adaptación de lo que se encuentra y de los recuerdos de experiencias adquiridas en otras circunstancias. Un estudio más profundo de la cuestión del ozono mostró también como la misma cosa se refleja en formas dife-

rentes en distintas cabezas, cómo para el mismo problema, la colaboración de individualidades diferentes, es importante y provechosa. Finalmente, es éste un ejemplo típico de una nueva senda de investigación abierta por una observación fortuita, que se ofreció a un individuo cuyo interés excita.

Daguerre había ensayado obtener en la cámara oscura imágenes sobre placas de plata yodadas, pero fracasó a pesar de sus muchos esfuerzos. Pone las placas en un armario y cuando al cabo de algunas semanas las saca encuentra las más bellas imágenes, sin poder explicarse cómo se han producido. Nada cambia cuando se sacan del armario los aparatos y los reactivos; las placas que se encierran son impresionadas acusando siempre imágenes al cabo de algunas horas; finalmente reconoce que una cubeta conteniendo mercurio que permanecía en el armario operaba el milagro, el vapor de mercurio depositándose sobre las placas impresionadas por la luz fijaba las imágenes fugaces. El azar lo condujo así a la invención que buscaba y a un descubrimiento que no buscaba.

No cambia en nada la esencia del método de las variaciones que las circunstancias concomitantes, que determinan los fenómenos, sean encontradas por una modificación física o por una experimentación mental con pensamientos suficientemente adaptados. Si se quiere representar en cuantas formas múltiples el *azar físico* y *psíquico* interviene en los descubrimientos y los inventos, basta citar algunos nombres célebres como Bradley, Fraunhofer, Foucault, Galvani, Grimaldi, Hertz, Hooke, Kirchhoff, Malus, J. R. Mayer, Römer, Röntgen, etc. Casi todos los sabios han experimentado la influencia del azar.

El tronco de las plantas crece hacia arriba en sentido inverso de la gravedad y la raíz hacia abajo en el sentido de la gravedad; se creyó naturalmente a causa de la constancia de estos hechos que la dirección del creci-

miento era regida por la gravedad. Duhamel efectuó experiencias especiales; ellas mostraron que cuando quiere forzarse la dirección de las plantas que crecen, los troncos siempre se orientan en la dirección normal. Las experiencias de Knight son particularmente importantes; sobre el eje de una pequeña rueda vertical movida por una corriente de agua, sujetó una segunda rueda de 11 pulgadas de diámetro que daba 150 vueltas por minuto, y sobre la cual hizo germinar y crecer habas colocadas en las direcciones más diversas. La dirección de la gravedad variaba para estas plantas en forma tan regular y tan rápida que no podía actuar sobre ellas, y las plantas se orientaron según la fuerza centrífuga: las raíces crecían hacia el exterior, los tallos hacia el eje, lo excedían y se encurvaban para retornar a él. Sobre una rueda horizontal de 11 pulgadas de diámetro y que efectúa 250 vueltas por minuto, la fuerza centrífuga y la fuerza de la gravedad se componen en una resultante, que determinaba la dirección del crecimiento. El clinostato de Sachs suprime los efectos de la gravedad y gracias a sus pequeñas dimensiones y a su débil velocidad de rotación, no origina fuerza centrífuga notable; permite pues a las plantas, que están fijas, crecer en no importa qué dirección. Es sin razón, según mi juicio, que Sachs parece atribuir a estas experiencias poco valor; para un espíritu no prevenido puede ser muy verosímil que la gravedad determine la dirección del crecimiento y sin embargo esto último puede ser determinado por otras circunstancias que despreciamos: haciendo *variar* la magnitud y la dirección de la fuerza, las experiencias de Knight han puesto en evidencia que la fuerza interviene. Es sólo mediante la experimentación que han podido separarse de la gravedad, la influencia de distintos factores: luz, aire, humedad del suelo. Mill ha expuesto muy bien, que el método de la concordancia no puede guiarnos tan seguramente como el método de la diferencia

o el método de la variación concomitante. Se había mostrado que la gravedad determina la dirección del crecimiento, pero la forma de acción de ésta permaneció durante más de un siglo como un enigma. Noll, fué el primero, en adivinar que bajo la influencia de la gravedad, se efectuaba una adaptación geotrópica de las plantas, análoga a la que sucede con los animales gracias a los estatolitos. Las investigaciones de Haberlandt y Nêmec han mostrado que en las plantas los granos de almidón juegan el papel de estatolitos y determinan la adaptación geotrópica por los órganos de percepción o movimientos especiales.

Una de las cuestiones más notables que hayan ocupado a los hombres, es el de la generación de los seres organizados. Aristóteles creía en la generación espontánea y admitía que los seres organizados podían provenir de materia no organizada. La Edad Media comparte su opinión y Van Helmont suministra una receta para producir ratones. El pensamiento de crear el homunculus en una retorta podía entonces no parecer demasiado aventurado. Rédi, miembro de la Accademia dei Cimenti muestra que no aparecen gusanos en la carne en putrefacción si con ayuda de una fina gasa, impide a las moscas depositar sus huevos. Cuando el empleo del microscopio hizo conocer una legión de muy pequeños organismos, estos problemas vinieron a ser todavía más difíciles de descifrar.

Needham, fué el primero que pensó en calentar materias orgánicas en vasos de vidrio para matar a todos los gérmenes, encerrándolas en seguida en vasos herméticos. A pesar de esto, al cabo de algún tiempo, los líquidos encerrados en esos vasos contenían infusorios. Spallanzani creyó probar lo contrario mediante experiencias análogas, mientras que Needham objetaba que el procedimiento de Spallanzani viciaba el aire necesario

para la vida de los organismos. Appert aplicó con éxito el procedimiento de Spallanzani para la fabricación de conservas; otros sabios, como Gay Lussac, participaron en esta investigación, pero la cuestión permaneció indecisa puesto que no se habían descubierto todas las causas de error en estas difíciles experiencias.

Pasteur fué conducido al problema de la generación espontánea por el estudio de los fermentos, donde creía reconocer seres organizados. Aspirando grandes cantidades de aire con un tubo cerrado con un tapón de algodón pólvora, encuentra en este tapón los polvillos del aire. Los recoge disolviendo el tapón en éter y alcohol. El examen microscópico muestra gérmenes orgánicos más o menos numerosos, según que se hubiera operado con aire de la ciudad, de la campaña o de las montañas.

Si durante algunos minutos, se hace hervir en un balón agua que contenga azúcar y albúmina, si durante el enfriamiento no se deja entrar más aire que el que ha atravesado un tubo de platino incandescente y si se cierra el balón a la lámpara, puede permanecer durante varios meses a una temperatura de 25° a 30° centígrados, sin que se desarrollen organismos en el líquido. Tomemos un balón así preparado, quebrems su punta, introduzcamos el tapón lleno de polvo, cerremos el gollete a la lámpara y regularmente observaremos la formación de organismos al cabo de veinticuatro a cuarenta y ocho horas. El amianto introducido en el balón no da lugar a las formaciones orgánicas más que cuando contiene polvo. En balones abiertos, provistos de un cuello estrecho varias veces curvado, el líquido hierve poco, después del enfriamiento permanece largo tiempo sin modificaciones, puesto que el polvo es retenido en el cuello curvado y húmedo. Si en lugar de cerrar el cuello a la lámpara, se ensaya en aislar el líquido girando la abertura hacia abajo y sumergiéndola en un baño de mercurio, los gérmenes conte-

nidos en la superficie del mercurio se desarrollan muy pronto.

Estas experiencias, importantes por el descubrimiento de las fuentes de error, muestran en forma decisiva que los organismos *que conocemos* sólo se desarrollan partiendo de *gérmenes organizados*. Pero el problema *íntegro* de la generación espontánea es demasiado vasto para poder ser resuelto definitivamente por una simple experiencia de física. Puede pensarse con Fechner que lo primario es la materia organizada y no la materia inorganizada; que la materia organizada puede transformarse en materia inorganizada más estable y que la inversa no tiene lugar. La naturaleza no está obligada a comenzar por lo que es más simple a nuestro entendimiento.

La dificultad consiste entonces en explicar el *comienzo* de los seres organizados en la tierra que anteriormente era más caliente. Si los gérmenes organizados han podido ser aportados por meteoritos provenientes de otros astros, no podemos pensar por este aporte vivo que existan organismos muy inferiores y sólo la teoría de la evolución puede levantar la dificultad.

Pero, ¿qué es lo que nos fuerza a admitir una separación tan profunda entre la materia organizada y la materia inorganizada y a creer que el paso de la primera a la segunda es absolutamente irreversible? Quizás no exista un límite preciso. La química y la física, es verdad, están todavía muy lejos de poder hacernos comprender los seres organizados; pero ya han hecho mucho en ese sentido y todos los días hacen algo más. Pasteur todavía consideraba a todos los fermentos como organizados; actualmente sabemos que en el dominio de la materia inorganizada se encuentran acciones catalíticas análogas a las acciones de los fermentos (Ostwald).

Imaginemos un estado de civilización donde sólo se conociera muy poco al fuego; donde se supiera pagarle

pero no encenderlo y donde se supiera utilizar el fuego encontrado en la naturaleza. Se diría entonces con razón: el fuego sólo puede nacer del fuego. Actualmente, nosotros sabemos algo más. No comprendo totalmente cómo puede venir al espíritu el problema de mantener solidarios la generación espontánea y el principio de conservación de la energía.

En su mayor parte, las cuestiones científicas han comenzado a desarrollarse con representaciones muy primitivas, en una época muy alejada y en la época actual todavía no están íntegramente resueltos. En lugar de los problemas que se han solucionado y de aquellos que se han reconocido inútiles, se han presentado otros nuevos, más numerosos y más difíciles. Los caminos del conocimiento son sinuosos y cada paso está determinado por los precedentes, al mismo tiempo que por circunstancias físicas y psíquicas puramente fortuitas.

Es necesario que la astronomía moderna se vincule con la astronomía de los antiguos y esta última recurre a la geometría. La primera es ayudada en su tarea por la física, especialmente por la dinámica, que se ha desarrollado por azar en forma absolutamente independiente de la astronomía.

La óptica, técnica y teórica, que también se ha desarrollado fortuitamente y en forma independiente, suministra un nuevo impulso a la astronomía. Más tarde, la astronomía y la química se prestan mutua ayuda. ¿Cómo podríamos construir nuestra teoría moderna de la electricidad si no tuviéramos la técnica del vidrio y de los metales, las máquinas neumáticas y la química? ¡Qué importante papel han jugado algunas ideas *fortuitas* cuya historia hemos relatado, y la teoría de la gravitación de donde ha surgido la del potencial! Esquematisando las sendas seguidas en la adquisición de nuestro conocimiento, en cierta medida podemos facilitar las investigaciones

ulteriores si se repiten las mismas situaciones, pero no pueden darse indicaciones fecundas para establecer *fórmulas*. Siempre debemos adaptar los pensamientos a los hechos y adaptar los pensamientos entre sí. En el desarrollo biológico, esto corresponde a la adaptación del organismo al medio donde vive y a la adaptación mutua de las diversas partes del organismo.

CAPÍTULO XVIII

PSICOLOGÍA DE LA DEDUCCIÓN
Y DE LA INDUCCIÓN

Según Aristóteles pueden hacerse dos clases de razonamientos, es decir, existen dos maneras de deducir los juicios de otros juicios, sin contradicción. Puede pasarse de un juicio general a un juicio particular que el primero determina: esto es hacer un *silogismo*. Puede partirse de juicios particulares para arribar a un juicio general que los reúne: esto es hacer una *inducción*. Los juicios, cuyo conjunto forma una ciencia, son perfectamente adaptados unos a otros, sin contradicciones, cuando se deducen unos de los otros, según esos dos modos de razonamiento. Esto ya muestra claramente que las reglas de la lógica no pueden proporcionarnos nuevos conocimientos; sirven sólo para controlar, desde el punto de vista de su concordancia o de su discordancia, los conocimientos tomados a otras *fuentes*, y en el caso de la discordancia, para mostrarnos la necesidad de obtener una concordancia completa.

Consideremos ante todo, el silogismo bajo la forma clásica: Todos los hombres son mortales, ahora bien, Cayo es un hombre, luego Cayo es mortal.

Mill ha objetado que no puede adquirirse por el silogismo ninguna noción que ya no se tenga anteriormente, puesto que la premisa mayor no puede ser expresada en forma absolutamente general, si no se está ya seguro del caso particular, de la conclusión. La mortalidad no

puede ser afirmada para todos los hombres antes de ser afirmada para Cayo. Sin duda, pocos hombres han podido creer a la lógica capaz de crear conocimiento con nada; la crítica de Mill, sin embargo, fué un esclarecimiento y un progreso. Además, Kant había reconocido desde hace tiempo, que las ciencias como la aritmética y la geometría no se edifican con puras deducciones lógicas, sino que otras fuentes de conocimientos les son necesarias. No se ve más en la intuición pura *a priori* una fuente de conocimientos. El papel de los silogismos se limita a poner en claro la dependencia recíproca de los juicios.

La observación deficiente de los fenómenos psíquicos puede, sin embargo, hacer creer bastante fácilmente que los silogismos extienden nuestros conocimientos. Partamos, por ejemplo, de esta proposición: el ángulo exterior u de un triángulo es igual a la suma de los dos ángulos interiores no adyacentes, $a + b$. Si consideramos el vértice donde se encuentran los dos lados iguales de un triángulo isósceles, la relación pasa a ser $u = 2a$. Con este vértice como centro describamos un círculo que pase por los otros dos vértices. Entonces vemos que el ángulo central u es igual al doble del ángulo inscripto a . Pero si alejamos cuidadosamente de nuestra representación todo aquello que no es proporcionado por construcción o por especialización y todo lo que no es llevado por el silogismo, no encontramos nada más que el teorema del ángulo exterior que nos ha servido de punto de partida. Y si buscamos el origen primero de ese teorema, lo encontramos en este hecho experimental, que la suma de los ángulos de todos los triángulos planos que podemos medir, no es diferente de dos rectos. En las demostraciones más largas, es todavía más saliente lo que acabamos de señalar.

Para concentrar la atención sobre lo que es esencial, despreciando lo que es accesorio, es necesario un entre-

namiento sin el cual la atención se desvía tanto hacia un lado como hacia otro; todos los estudiantes lo han experimentado. Volviendo varias veces sobre un mismo tema, por ejemplo, con motivo de una demostración, se notan estos apartamientos, se los corrige y se perfecciona la abstracción.

Aun en aquellos casos en que las proposiciones de donde partimos no son absolutamente seguras, el razonamiento lógico permanece factible. Puede que la mayor "B es A" no esté establecido con certeza, pero siempre será verdadero que si "B es A" y si "C es B", C es A. Es así que es necesario comprender todas las proposiciones de la ciencia actual, incluídas las proposiciones de matemáticas aplicadas a los objetos, que nunca responden completamente al ideal abstracto.

Pasemos ahora a la inducción que es lo opuesto del silogismo. Sean C_1, C_2, C_3 , etc., los individuos de una clase de conceptos B; constatamos que C_1, C_2 y C_3 entran en el concepto A. En los casos donde los individuos considerados representan todo el contenido del concepto B, y al mismo tiempo, entran todos en el concepto A, podemos decir que B íntegramente entra en A: es ésta una *inducción completa*. Si no podemos aportar la prueba para todos los individuos C_1, C_2, C_3 , etc. y por lo tanto, si no podemos concluir "B es A" sin haber pasado en revista a todo el contenido de B, tenemos una *inducción incompleta*, y la conclusión no queda justificada de ninguna manera en forma perfecta. Pero, por costumbre, podemos sin embargo tener tendencia a creer que todas las C se comportarán como A y, en consecuencia, que todo B es A. Con un fin científico o práctico, podemos desear que así sea e instintivamente o voluntaria y metódicamente, podemos admitir en forma provisoria que B es A.

La *inducción completa*, como el silogismo, no amplía nuestros conocimientos. Reuniendo los juicios particula-

res en juicios generales, solamente les damos una forma más expresiva y más compendiosa, pero nos arriesgamos a caer en el error: el resultado sólo es provisorio y más tarde, debe ser probado y confirmado o corregido o todavía, completamente rechazado.

La mayor parte de nuestros juicios generales nos son suministrados por *inducción incompleta* y sólo hay un pequeño número que descansa sobre una inducción completa. La formación de un juicio general de esta clase no es cosa de un instante: generaciones enteras trabajan para establecer o para corregir esas inducciones. Cuanto más se extiende la experiencia en el espacio y en el tiempo, más fuerte es el control de la inducción. Lo que subsiste más tiempo sin ser modificado, son las inducciones hechas en un dominio subjetivo, donde el control es difícil o hasta imposible; recordemos la astrología, las hechicerías, el espiritismo y otras formas, oficiales o privadas, de la fe y de la superstición.

Al lado de esta *verificación directa* por la experiencia, existe una *verificación indirecta* que no es menos importante. Puede reconocerse, por sus consecuencias, si varias inducciones son o no compatibles entre sí. Frente a los resultados de la estadística, ¿qué viene a ser la libre voluntad, en el sentido de los indeterministas? ¿No sacan de las tablas de mortalidad de las compañías de seguros, una inducción de valor completamente distinto al de la proposición: todos los hombres son mortales?

La premisa mayor de un silogismo puede ser adquirida de distintas maneras, lo mismo que los juicios particulares, que sirven para establecer la inducción. Estos juicios particulares pueden representar el resultado de inducciones, de hallazgos inmediatos o de deducciones. Las proposiciones de que han partido los primeros geómetras griegos, bien podrían haber sido resultados de inducción inmediata. Parece que la proposición: "la recta es el camino más corto de un punto a otro" fuese el resultado

de experiencia con hilos tensos y ella es una proposición fundamental para Arquímedes.

Puede igualmente partirse de proposiciones cuyas consecuencias están en completo acuerdo con la experiencia, en tal caso difícilmente proporcionarán una prueba rigurosa directa de la proposición fundamental. Propiedades de este género, hablando propiamente, son hipótesis que sirven de puntos de partida a la mecánica newtoniana.

En la deducción de las proposiciones matemáticas, por ejemplo en geometría, a menudo interviene la *inducción completa*. Cuando Euclides demuestra el teorema relativo a la relación del ángulo central y del ángulo inscrito en la circunferencia, distingue tres casos para cada uno de los cuales la marcha de la demostración es diferente y el teorema sólo es enunciado en forma general cuando se lo ha demostrado para cada uno de los tres casos. Aquí se emplea como medio de demostración una inducción completa, y se adquiere una vista de conjunto sobre todos los casos posibles. En matemática se han cometido graves errores, tomando como general una demostración dada para un caso particular. En matemática, bastante fácilmente alcanzamos la vista conjunta completa de todos los casos posibles, a causa de la uniformidad y de la continuidad de los objetos que consideramos y cuya clasificación nos es familiar y bien conocida.

La *inducción incompleta*, a menudo ha sido empleada también como medio de descubrimiento en matemática. Es por ella que Wallis deduce el término general y la suma de las series formadas según una ley determinada. Estas investigaciones pueden ser consideradas como los comienzos del cálculo integral. J. Bernoulli ha encontrado el hermoso método que permite transformar estas inducciones incompletas en inducciones completas. Aplica a la suma de cuadrados, de cubos, etc., este procedimiento cuyo esquema es el siguiente: sea $f(n)$ el término general de la serie y $F(n)$ la fórmula de la suma encontra-

da por inducción. Esta fórmula es válida, cualquiera sea n , si $F(n) + f(n+1) = F(n+1)$.

El método de Bernoulli tiene también importancia en las ciencias físicas y naturales. Nos muestra que cuando se ha encontrado por una inducción incompleta relativa a los términos $C_1, C_2, \text{ etc.}$, del concepto B una propiedad A, no puede atribuírsele al concepto B más que cuando se ha reconocido que esta propiedad está ligada al carácter del concepto B e independientemente de las variaciones de sus términos. Aquí, como en muchos otros casos, la matemática es simbólica para las otras ciencias.

El silogismo y la inducción no crean pues, ningún conocimiento nuevo, pero aseguran la ausencia de contradicciones entre nuestros conocimientos, ponen en evidencia sus relaciones, dirigen nuestra atención sobre los diferentes aspectos de una cuestión y nos enseñan a reconocer el mismo punto de vista bajo diferentes formas. Es claro que la fuente del conocimiento para el sabio debe encontrarse en otra parte y es bien sorprendente que la mayor parte de los sabios que se han ocupado de los métodos empleados en la investigación científica, designen sin embargo a la inducción como el principal, como si las ciencias no tuviesen otra tarea que la de clasificar y agrupar los hechos que son dados individualmente. La importancia de esta tarea no es por cierto discutible, pero ella no absorbe completamente el trabajo del sabio; éste ante todo debe encontrar los caracteres que es necesario tener en cuenta y sus relaciones, tarea mucho más difícil que la de clasificar aquello que es ya conocido.

El nombre de *ciencias inductivas* no es, pues, justificado; no puede comprendérselo más que si se refiere a una vieja tradición que todavía persiste. Mirando las tablas dadas por Bacon o los esquemas de Mill, vemos que la comparación puede atraer nuestra atención sobre un vínculo que hasta ahora habría permanecido olvidado

si no fuese bastante sorprendente como para atraer la mirada hacia él. Aquí, concretamos la atención sobre los caracteres, que dependen unos de otros y descuidamos caracteres menos importantes: hacemos una abstracción. Este proceso no tiene nada que ver con la inducción, pero comúnmente admitimos que la observación de muchos hechos que presentan ciertos caracteres comunes nos conduce más fácilmente que el examen de un solo hecho a concebir en forma abstracta los caracteres estables y este procedimiento presenta cierta similitud con la inducción. He ahí quizás porque se ha empleado durante largo tiempo este nombre de ciencias inductivas.

Tratemos ahora de analizar los procesos de la investigación científica, sin inquietarnos por la denominación que les corresponda. ¿De dónde provienen los nuevos conocimientos, puesto que la lógica no nos aporta ninguno? Siempre provienen de la *observación*, sea de la observación sensible *exterior*, sea de la observación *interior* que es relativa a las representaciones. Dirigimos nuestra atención sobre tales o cuales vínculos de los elementos y terminamos sea en un conocimiento científico como en un error, según que el hecho observado resulte compatible o no con las otras observaciones. La base de todo conocimiento es pues la *intuición* en sus dos formas, *intuición sensible* con las representaciones intuitivas e *intuición potencial* con los conceptos. La lógica sólo se ocupa de concordancia y de contradicciones; no puede entrar en juego más que si las cosas anteriormente conocidas son percibidas o representadas.

Si la importancia biológica directa o indirecta de una observación despierta nuestro interés, el mecanismo de la asociación concentra nuestra atención sobre dos o varios elementos que en ella nos parecen vinculados entre sí, y ya voluntariamente interviene la *abstracción*. Esta proporciona a los hechos particulares el carácter de un hecho más general, representando muchos hechos particulares

semejantes. Como es natural, la acumulación de varias observaciones similares nos coloca más fácilmente en esta situación psicológica, pero una sola observación de muy alto interés puede ser suficiente para despertarla.

El sabio experimentado puede también voluntariamente y sabiendo bien que se *aventura*, despreciar metódicamente las circunstancias accesorias, para prever un cierto resultado posible. El pensamiento así generalizado debe entonces ser controlado por la observación y la experimentación. En esta transformación de la observación particular en alguna cosa más general, la voluntad juega cierto papel. Es verdad, que los hechos observados pueden ofrecer puntos de aproximación. Kepler pudo ver que Marte seguía una trayectoria oval cerrada y Newton notó que un cuerpo caliente se enfría tanto más rápidamente cuanto el medio que lo rodea es más frío, pero es preciso que el propio pensamiento de Kepler intervenga para añadir algo a la observación particular, suponer que la trayectoria de Marte es una elipse, Newton piensa en la proporcionalidad de la velocidad de enfriamiento y de la diferencia de temperatura. Relaciónese esto con lo que he dicho de la hipótesis, de la analogía y de la experimentación mental.

La simple exposición de un hecho exige más esfuerzos personales de lo que generalmente se cree. Los resultados de la observación inmediata no nos hacen saber si un elemento depende de algunos otros elementos, ni cual es su relación funcional: en esos puntos, es el sabio quien decide. Cuidémonos de creer que la palabra descripción pueda ser suficiente para caracterizar, sin *aminorarla*, la tarea del sabio.

¿Hasta qué punto la prueba de un hecho puede satisfacer al sabio? Esto depende del punto de vista en que se encuentra colocado, del conjunto de sus ideas y del nivel científico de su época. Los torbellinos podían ser suficientes para Descartes para representar el movimiento

de los planetas, y Kepler que tenía ideas animísticas, consideraba con agrado a la tierra como un animal: las leyes que había encontrado se le aparecían como una gran simplificación. Pero Newton que conocía ya la mecánica de Galileo y de Huyghens, debió juzgar muy complicado un movimiento que, a cada instante y en cada punto del espacio, cambiase de dirección y de velocidad.

La mecánica práctica nos enseña a hacer girar un cuerpo circularmente en el extremo de un hilo tendido y la mecánica teórica relaciona esto a los hechos más simples. Siguiendo las indicaciones de Platón, Newton supone resuelto el problema y ve en el movimiento de un planeta un movimiento análogo a ese movimiento de rotación. El método analítico le permite encontrar la tensión del hilo, lo que resuelve el problema y lo lleva al descubrimiento de un hecho nuevo más simple, cuyo conocimiento reemplaza a todas las leyes de Kepler.

Sucede lo mismo en otras ramas de la ciencia: la propagación rectilínea de la luz, la reflexión y la refracción son constatadas por la observación más o menos como las leyes de Kepler. Huygens, apoyándose en experiencias relativas a las ondas sonoras y a las ondas líquidas, intenta reducir los fenómenos luminosos a movimientos de ondas. Prosiguiendo las investigaciones de Newton sobre las ondas líquidas y sonoras, Young y Fresnel llegan finalmente a explicar en la teoría de Huygens la periodicidad de la luz y su polarización.

Aquí como en todo, las nociones adquiridas por síntesis en una rama de la ciencia sirven para efectuar el análisis en otra rama. Siempre los métodos de Platón son útiles, aun cuando no nos guíen tan segura y tan simplemente como en geometría. Así, poco a poco, todas las ramas de la física y de la química vienen a ser *solidarias*.

Cuando se encuentra analíticamente una idea fundamental, que ofrece una concepción más simple, más fácil

y más completa de un hecho o de una multiplicidad de hechos, se verifica su valor mediante la deducción. Cuando puede mostrarse, lo que es extremadamente raro, que esta idea es la única hipótesis de donde es posible deducir los hechos, se está seguro que el análisis que ha conducido a ese resultado es absolutamente exacto. Una proposición general es el punto de partida de la deducción, e inversamente, es el término del método inductivo. La deducción avanza metódicamente y paso a paso; la inducción procede por saltos que no tienen nada de metódicos y, en consecuencia, *los resultados de la inducción deben ser justificados más tarde por la deducción.*

CAPÍTULO XIX

NÚMERO Y MEDIDA

Quando en un complejo relativamente estable de elementos sensibles, encontramos una relación entre ciertas reacciones, adquirimos un conocimiento científico. Por ejemplo, una especie de planta, sistemáticamente determinada por la forma y disposición de las hojas, por su floración, etc., presenta ciertos fenómenos geotrópicos o heliotrópicos: he ahí un conocimiento científico. Fijar este conocimiento mediante el lenguaje de manera de poder comunicarlo a otros hombres, es cosa complicada, aun cuando se recurra a las clasificaciones y a una terminología especial que simplifica la tarea y la hace más fácil.

En este sentido, las ciencias físicas nos ofrecen un sorprendente contraste con las ciencias biológicas. Si dos pesos están suspendidos de un hilo que pasa por una polea, nos es suficiente reemplazar cada uno de estos pesos por un cierto número de pesos más pequeños e iguales entre sí, para poder decir que el peso formado por un número mayor de estos pesos elementales, arrastra al otro. Si estos pesos son agregados a los dos brazos desiguales de una palanca, dividimos los brazos de palanca en partes iguales entre sí, contamos las partes que integran uno de los pesos y las partes del brazo correspondiente, obtenemos el producto de estos números y hacemos lo mismo del otro lado: del lado en que el producto es mayor se inclinará.

Obtenemos fácilmente la descripción del hecho aislado contando el número de partes iguales, en que se dejan descomponer los elementos que caracterizan este hecho, y todos los casos de un mismo género, por ejemplo, todos los casos de palancas, que sólo se distinguen por el número de partes iguales de los pesos y de los brazos, son tan semejantes, que fácilmente se tiene una descripción de conjunto, cuando se da la *regla del cálculo* a aplicar después que se ha hecho la numeración de esas partes. Esta clase de comprensión de conjunto puede aplicarse a un grupo de hechos muy extenso: por ejemplo, la noción de trabajo nos proporciona la teoría de todas las máquinas.

En forma análoga, la caída de los cuerpos y la refracción de la luz pueden ser descriptas simplemente, en forma de tablas numéricas. Podemos dividir las magnitudes de espacio, de tiempo, de intensidad, en partes iguales tan pequeñas como queramos, lo que nos permite, cuando tenemos alguna cosa mensurable, considerar las magnitudes que intervienen en hechos cualesquiera, como formadas por elementos muy pequeños y estudiar sus variaciones durante intervalos de tiempo infinitamente pequeños. Por eso, todas las reglas de cálculo se expresan en forma de *ecuaciones diferenciales* y es suficiente un pequeño número de estas ecuaciones para representar todos los hechos imaginables, mecánicos, térmicos, electromagnéticos, etc. La aplicación de estas ecuaciones puede además, en casos especiales, reservar todavía grandes dificultades.

No sucede eso en las ciencias biológicas, pero algunas ciencias, como la química, están entre ambas, y sólo son parcialmente accesibles a un estudio cuantitativo.

Sólo puede notarse y fijar mediante el lenguaje una relación cuantitativa entre dos reacciones y comúnmente, es muy difícil dar a estas relaciones una expresión general. Pero se logra con menos dificultad cuando las reacciones

cuantitativas se dejan relacionar con reacciones cuantitativas. Es suficiente pensar en el análisis químico cualitativo y en la teoría de las fases de la físico-química, para ver que *el estudio cuantitativo no es sino un caso particular más simple del estudio cualitativo.*

Si la física ha alcanzado un desarrollo más avanzado que la fisiología, ello obedece simplemente a que los problemas de que se ocupa, son más simples y más fáciles, presentan entre sí más homogeneidad y sus soluciones pueden ser vinculadas más fácilmente a una expresión de conjunto. La descripción por los números es, en efecto, la más simple posible, y con el sistema de números que podemos disponer, puede alcanzar sin nuevo esfuerzo de invención, el grado de fineza y de exactitud deseable. El sistema de numeración no cede en claridad a ninguna otra nomenclatura. Estas evidentes ventajas deben obligarnos a ensayar de reducir poco a poco, todas las investigaciones cualitativas a investigaciones cuantitativas. Así, las cualidades de los colores vienen a ser mediante los índices de refracción y las longitudes de onda, caracteres cuantitativos; igualmente las cualidades de los sonidos, por el número de vibraciones.

La investigación cuantitativa tiene además una ventaja particular sobre la investigación cualitativa, cuando se trata de física en el sentido más amplio de la palabra. Es necesario eliminar tanto como sea posible la influencia del observador. Se lo logra cuando, en las medidas, sólo se comparan similitudes cualitativas y se constata que dos cosas son iguales o desiguales. Entonces no interviene más la calidad de la impresión que depende del observador. La psicología introspectiva actualmente no puede excluir lo que es cualitativo, por ello las nociones de medida casi no tienen sentido en su dominio. Pero si más adelante, se enlaza con la fisiología y la física, esta situación se modificará.

Ensayemos ahora explicar psicológicamente como las

necesidades biológicas han conducido a los hombres al *concepto de número*. Si se quita o agrega algo a un pequeño grupo de monedas semejantes o de juguetes, los niños lo notan en seguida. Ciertamente también el animal sabe distinguir pequeños grupos desiguales de frutos y prefiere el grupo mayor a los otros.

El concepto de número tiene por origen la necesidad de perfeccionar esta capacidad de distinción. Nuestros niños logran en seguida distinguir en un grupo, dos, tres, cuatro elementos sin perder la distinción entre ellos. Así se constituyen las primeras representaciones del número; se desarrollan por el sentido de la vista, del tacto, del oído. Cuando se cambian los objetos y se emplea el *nombre de número*, se está llevado a concebir que una cierta reacción es independiente de la especie de los objetos y se llega al *concepto de número*. Para hacer más clara la representación de los números correspondientes a grupos más considerables, los separamos en partes que ya nos son familiares y que arreglamos en un orden sinóptico.

Existe otro procedimiento sinóptico de ordenamiento parecido al anterior de los elementos de un grupo. Se hace corresponder a cada elemento del grupo un elemento de otro grupo de objetos muy familiares. Los pueblos primitivos elegían como grupo auxiliar los dedos de la mano y a veces también, los dedos de los pies. Nosotros mismos, siendo niños, hemos empleado este procedimiento para reforzar nuestras representaciones de número. Usamos los dedos durante la clasificación; un uso repetido lleva al olvido de la significación primitiva de estos nombres de los dedos y es así que se constituyen los nombres de número.

Un pequeño artificio completamente natural puede hacer esta forma de clasificación indefinidamente aplicable, si se cuentan los grupos de diez como siendo a su vez elementos de un grupo de orden más elevado, y así seguidamente. Cada elemento aparece entonces como un

grupo de diez elementos semejantes más pequeños y el sistema de los números es tan aplicable a la numeración de lo infinitamente grande como de lo infinitamente pequeño. Consideremos dos grupos A y B formados los dos por elementos iguales y hagamos corresponder a cada elemento del grupo A un elemento del grupo B. Si procediendo así podemos agotar los dos grupos, decimos que tienen el mismo contenido o que son iguales. Pero si B se ha agotado mientras que A todavía no lo está, el contenido de A es mayor que el de B. Llamamos números a estos conceptos por los cuales, en lo que concierne al contenido, determinamos y distinguimos entre sí a los grupos de elementos. Cuando los conceptos de número reemplazan a las representaciones de número, ya no es más la intuición inmediata quien entra en juego, sino solamente la intuición potencial.

Cuando el número llega a ser bastante grande como para exceder la intuición directa, es indispensable recurrir a un *principio de clasificación* para formar los conceptos de número o de conjunto. El principio de clasificación hace que todo número contenga en potencia la representación de todos los números precedentes y, al mismo tiempo, hace reconocer nítidamente su posición entre dos elementos determinados del sistema: es esto lo que hace la superioridad de los nombres de los números sobre los simples nombres. Los registros alfabéticos, los números de las páginas de un libro, etc., constituyen ejemplos.

Las *operaciones comerciales*, la compra y la venta acrean el desarrollo de la *aritmética*. La civilización primitiva para afirmar sus cálculos, empleaba dispositivos simples como el ábaco de los romanos o la máquina de calcular de los chinos. Todos estos dispositivos simbolizan los objetos a contar por medio de pequeños cuerpos móviles que se desplazan, en lugar de manejar objetos pesados. Si se toma la noción de máquina o dispositivo

de ayuda en un sentido más amplio, es necesario reconocer que nuestras cifras árabes, con la notación decimal y el empleo del cero, constituyen una máquina de cálculo que puede instalarse en todas partes con papel y un lápiz.

En el comercio se presentan diferentes problemas. Se tiene necesidad, por ejemplo, de agrupar en un solo grupo dos o más grupos de elementos iguales y dar el número total de sus elementos; es la *adición*. La primitiva solución consistió en contar todos los elementos del grupo único así realizado, sin inquietarse por saber si los grupos elementales habían ya sido o no contados separadamente. Con los números pequeños, los niños todavía emplean efectivamente ese procedimiento y así adquieren cierta experiencia que utilizan cuando suman números más grandes, escritos en el sistema decimal. Se ve pues, por este simple ejemplo, que el cálculo consiste en evitar la operación directa de contar reemplazándola por operaciones ya efectuadas anteriormente. *El cálculo es un medio indirecto de contar*. En la vida práctica, se encuentran también subtracciones, multiplicaciones, divisiones, etc., y se podría mostrar que siempre se trata de una manera de contar simplificada y abreviada.

El medio en que vivimos, contribuye pues al desarrollo de los conceptos de aritmética más de lo que a veces se admite. Contar no tendría ni objeto ni sentido, si la experiencia física no nos enseñase que existe una multitud de cosas equivalentes constantes y si las necesidades fisiológicas no nos impulsaran a ordenar esas cosas en grupos. ¿Por qué razón contaríamos si nuestro medio fuese absolutamente inconstante, si todo cambiara a cada instante como en un sueño? ¿Si fuese prácticamente posible contar directamente los grandes números, sin gasto de tiempo y de trabajo, se habrían impuesto los procedimientos de cálculo?

Contando directamente, no hacemos más que constatar lo que nos es dado en forma sensible en los hechos.

Puesto que el cálculo no es sino una manera indirecta de contar, no podemos por él aprender nada esencialmente nuevo del mundo sensible, nada que la observación directa no pueda suministrarnos. ¿Cómo la matemática daría a la naturaleza leyes *a priori*, si deben limitarse a poner los resultados del cálculo de acuerdo con sus puntos de partida? Pero siempre tenemos gran interés por conocer bien las distintas formas de calcular; esto nos permite considerar el mismo hecho desde los puntos de vista más diversos.

Es al servicio de la vida práctica que la aritmética comenzó a desarrollarse. Quien a menudo debe efectuar cálculos semejantes y ha adquirido, con las vistas de conjunto, una facilidad especial, encuentra medio de simplificar y abreviar los procedimientos; así se constituyó el álgebra, cuyos símbolos generales no designan ningún número en particular y que llama la atención exclusivamente sobre la forma de las operaciones. El álgebra trata, una vez por todas, todas las operaciones de la misma forma y en cada caso particular sólo debe hacerse un trabajo de cálculo preparado de antemano. También las proposiciones del álgebra, como las de las matemáticas, no expresan nunca sino equivalencias entre formas de clasificación. Es lo que sucede cuando escribimos los dos miembros de la ecuación que expresa el teorema del binomio, o que yuxtaponemos una ecuación diferencial y su integral.

Señalemos al pasar que el sistema de los signos matemáticos representa además una máquina que alivia el trabajo mental; al mismo tiempo la escritura matemática es el ejemplo más bello y más concreto de una pasigrafía perfecta, pero limitada en su empleo.

La consideración de grupos de objetos de igual valor no nos conduce inmediatamente más que al concepto de números enteros. La división, que es analítica mientras que la multiplicación es sintética, nos lleva en algunos

casos a dividir objetos contados separadamente (unidades) y a crear los números fraccionarios que sólo tienen sentido cuando las unidades son realmente divisibles. Cuando aplicamos el álgebra a la geometría; cuando por ejemplo, ensayamos expresar con la misma unidad la diagonal y el lado de un cuadrado; cuando efectuamos ciertas operaciones puramente aritméticas, como la extracción de raíces, estamos conducidos a la ficción de los números irracionales, que ninguna operación numérica finita puede representar completamente.

La adición y la substracción también nos llevan a nuevas formaciones abstractas. La operación $(7 + 8)$ es siempre realizable; como también $(8 - 5)$; al contrario, $(5 - 8)$ es una imposibilidad si no pueden contarse más que en un sentido los objetos de que se trata, pero se transforma en inmediatamente posible y adquiere un sentido inteligible, si las unidades en cuestión están en la relación de tener un débito, de paso adelante y paso atrás, etc. Se llega así a los conceptos de números positivos y de números negativos, y se los representa con los signos de adicción y de substracción, operaciones con motivo de las cuales se manifestó primeramente la necesidad de establecer esa distinción.

El cuadrado de un número negativo es positivo y esto entraña que la raíz cuadrada de un número negativo se nos aparezca inmediatamente como algo imposible, imaginario. Wallis fué el primero, en ser llevado por aplicaciones geométricas del álgebra, a considerar a $\sqrt{-1}$ como el promedio geométrico entre -1 y $+1$ ($+1 : i = i : -1$), de donde, $i = \sqrt{-1}$. Se mantenía más o menos nítidamente esta concepción hasta que Argand la expuso en forma absolutamente clara en toda su generalidad. Relacionando la proporcionalidad no solamente a la magnitud sino también a la dirección, dió a la expresión $\alpha + \beta\sqrt{-1}$, el significado de un vector en el plano. Desplazándonos desde el origen al extremo de este vector en una canti-

dad α en una dirección y luego, en una cantidad β en dirección normal a la primera, los puntos del plano pueden ser representados por números complejos.

Así, la práctica de la aritmética conduce en muchos casos a operaciones que, a primera vista, parecen imposibles, o cuyos resultados parecen no tener ningún sentido. Pero un examen más preciso muestra que ampliando un poco los conceptos aritméticos hasta entonces empleados, desaparece la imposibilidad y el resultado pasa a ser susceptible de una interpretación absolutamente clara. Si los matemáticos aprendieran a conocer las ventajas de estos procesos ahora serían mucho más aptos para responder a nuestras necesidades con nuevas invenciones. Señalemos a este propósito los trabajos de Grassmann, de Hamilton, etc., en lo que concierne a la dirección de los vectores, en los cuales los conceptos de número son inmediatamente adaptados a las necesidades de la geometría, de la cinemática, de la mecánica, de la física, etc.

Las aplicaciones de la teoría de los números son relativamente simples cuando se trata de objetos *discretos* equivalentes entre sí desde cierto punto de vista. Muchos objetos de la investigación, como la extensión en el espacio y el tiempo, la intensidad de las fuerzas, etc., no ofrecen inmediatamente grupos de elementos equivalentes que puedan contarse directamente. En verdad, puede dividírseles en muchas formas en elementos de igual valor, a su vez, éstos en elementos análogos, etc.; solamente debe elegirse artificialmente los límites de división de estos elementos, así como la magnitud de sus últimas partes.

Con el beneficio de estas observaciones, una cantidad que interviene en una investigación cualquiera, puede ser determinada en forma tan exacta como se quiera. La imperfección de nuestros sentidos nos fuerza a detenernos en un cierto límite. La coincidencia de los extremos de

un patrón con los del objeto a medir no puede ser realizada más que con una precisión limitada. El número que proporciona como resultado de la medida, la relación entre el objeto a medir y el patrón, también está afectado de esa inexactitud. El mismo defecto se adhiere, además, a las aplicaciones prácticas de la aritmética a objetos *discretos*; la suposición ideal de la igualdad absoluta de los objetos nunca se realiza verdaderamente.

En consecuencia, para *medir* las magnitudes físicas variables en forma continua, debe elegirse un objeto de comparación, la unidad de medida, y fijar cómo será determinada la igualdad de otro objeto con el patrón adoptado. Tomamos como iguales en cierta relación, a objetos que, siempre en las mismas circunstancias, pueden reemplazarse sin que el resultado varíe. Dos pesos son iguales si colocados uno después del otro, en el mismo platillo de la misma balanza, provocan la misma inclinación del fulcro; dos corrientes eléctricas son iguales, si determinan la misma desviación de la aguja, pasando una después de la otra en el mismo galvanómetro, etc. Si se colocan n masas iguales a la unidad de masa sobre el mismo platillo de la balanza, si se hacen pasar n unidades de corriente en el mismo hilo del galvanómetro, etc., el resultado no depende más que del número n cuando las unidades son perfectamente intercambiables.

Después de haber determinado los valores numéricos de las cantidades que intervienen en una serie de casos físicos de la misma especie, a menudo se logra representar su relación mutua con una regla simple, y ello con una exactitud que es suficiente para exponer los hechos. Puede tomarse como ejemplo la ley de la refracción de la luz, la ley de Mariotte, Gay Lussac, la ley de Biot y Savart. Una vez conocidas, estas leyes pueden facilitarnos frecuentemente una medida indirecta, cuando una medida directa resulte difícil o imposible. Por ejemplo, es difícil

hacer variar en forma continua la intensidad de una fuente luminosa, pero el ojo puede fácilmente apreciar la igualdad de dos fuentes luminosas por la igualdad de iluminación en dos superficies iguales que yuxtapuestas a igual distancia de estas fuentes, son iluminadas normalmente. Entonces, si se muestra que una superficie, normalmente iluminada por una fuente luminosa, presenta la misma iluminación que una superficie igualmente iluminada por 4, 9, 16, fuentes iguales a la primera, colocadas unas con las otras a distancias 2, 3, 4, veces más grandes, la medida de la relación de las intensidades luminosas es vinculada con la relación de las distancias de las fuentes correspondientes a igual iluminación.

Estando una magnitud física compuesta por partes de la misma especie, es necesario siempre verificar si esta *yuxtaposición* corresponde a una *adición real*. Por ejemplo, sin dificultad puede obtenerse una luz más intensa con luces independientes de la misma especie e igualar su intensidad a la suma de las intensidades de sus partes, pero se sabe que esto no será cierto para las imágenes de una fuente luminosa de pequeña dimensión.

CAPÍTULO XX

EL ESPACIO FISIOLÓGICO Y EL
ESPACIO GEOMÉTRICO

El espacio *fisiológico*, el espacio de nuestra intuición sensible, que encontramos enteramente al pleno despertar de nuestra conciencia, es muy distinto del espacio *geométrico* abstracto. Para la mayoría, las nociones de geometría son adquiridas por experiencias hechas intencionadamente. El espacio de la geometría euclidiana, en todas partes y en todas las direcciones, tiene la misma constitución y es ilimitado. Comparemos primeramente el espacio visual, que para quienes gozan de la vista, es el espacio más familiar. Encontramos que el espacio visual es limitado, que no tiene la misma constitución en todas partes ni en todas direcciones. Algunos hechos relativos a la visión de las formas, de los cuales he hablado en el *Análisis de las sensaciones*, muestran que lo que está encima y lo que está debajo, como lo que está cerca y lo que está lejos, corresponden a sensaciones enteramente diferentes. Resulta de algunos hechos de simetría fisiológica que la derecha y la izquierda dan también sensaciones diferentes, aunque muy semejantes. La desigualdad de las distintas direcciones aparece en los fenómenos de similitud fisiológica.

Cuando el tren en que nos encontramos entra en un túnel, las piedras de la entrada parecen crecer e inversamente, a la salida, disminuyen rápidamente: esto nos muestra en forma muy sorprendente que los objetos que

vemos en el espacio visual, no son móviles sin contracción ni extensión como los objetos invariables que les corresponden en el espacio euclidiano. Objetos inmóviles y familiares pueden ya hacernos ver esto. Una varilla cilíndrica, colocada horizontalmente sobre las cejas, presenta en esta posición desacostumbrada, una sorprendente forma cónica, y cerca del rostro se ensancha como una corneta.

El espacio visual es limitado y hasta parece tener límites bastantes restringidos. Resulta de una experiencia de Plateau que una imagen consecutiva no se achica mucho más cuando se la proyecta sobre una superficie cuya distancia al ojo excede de treinta metros. Todos los hombres no prevenidos, sensibles a la impresión inmediata, ven como los astrónomos de los tiempos antiguos, el cielo en forma de una esfera de radio finito. El aplastamiento de la bóveda celeste, que ya conocía Ptolomeo y que en los tiempos modernos ha discutido Euler, nos hace captar una extensión desigual del espacio visual en diferentes direcciones. Zoth ha colmado la explicación fisiológica del hecho, mostrando que este fenómeno depende de la elevación de la mirada con relación a la cabeza. La posibilidad de construir panoramas nos indica también que el espacio visual tiene límites estrechos.

Notemos además que el espacio visual no es *métrico*: las situaciones de los puntos y sus distancias difieren cualitativamente y no cuantitativamente. Las medidas hechas a ojo de buen cubero, como se dice, no se desarrollan sino después de las medidas físicas.

También las percepciones del espacio nos son dadas por la piel, que representa una superficie cerrada de forma geométrica complicada. No distinguimos solamente la calidad de la excitación, sino también el lugar excitado y esto por una especie de sensación superpuesta. Si esta sensación agregada no cambia con el lugar de la piel excitada y si es tanto más distinta cuanto se con-

sideran lugares más alejados uno del otro, esto es suficiente para satisfacer nuestras necesidades biológicas esenciales. E. H. Weber ha mostrado las grandes diferencias que este espacio táctil presenta con relación al espacio geométrico. Si se aproximan las dos puntas de un compás de manera que, aplicados sobre la piel, no sean percibidas como distintas, se encuentra que su apartamiento es mucho menor en la punta de la lengua que en mitad de la espalda.

La piel corresponde a un espacio de Riemann a dos dimensiones, finito y cerrado. Las sensaciones de los movimientos de los miembros, muy especialmente las de los brazos, las manos y los dedos, nos suministran enseñanzas sobre una tercera dimensión. Poco a poco aprendemos a interpretar este sistema de nuestras sensaciones y a hacerlo corresponder al espacio geométrico más simple. Es así que estimamos en la oscuridad el espesor de una mesa que tomamos entre el pulgar y el índice. Igualmente logramos hacer esa estimación si tocamos la parte superior de la mesa con un dedo de la mano derecha y la parte inferior con un dedo de la mano izquierda.

El espacio táctil, como el espacio visual, es *anisótropo* y *no homogéneo*. En estos dos espacios fisiológicos, las tres direcciones principales de adelante a atrás, de arriba abajo, de derecha a izquierda, no son equivalentes.

No debemos sorprendernos de no encontrar el sentido del espacio salvo donde existe una función biológica a cumplir. De nada nos serviría conocer la situación de los órganos interiores, puesto que no tenemos ninguna influencia en sus funciones. Por ejemplo, el sentido del espacio no se extiende profundamente en la nariz y no podemos distinguir si es por la ventana izquierda o derecha de la nariz que percibimos los perfumes que son introducidos en pequeños tubos. Al contrario, nuestra sensibilidad táctil se extiende hasta el tímpano y es la que nos permite reconocer si recibimos por la derecha

o la izquierda la vibración sonora más intensa. Conocemos en esa forma, groseramente, la orientación de la fuente sonora pero ello no es suficiente para instruirnos en forma bien precisa.

Cada uno de los espacios fisiológicos correspondientes a nuestros diferentes sentidos sólo abarca una parte del dominio físico común. No podemos ver sino una parte de la piel, a cuya superficie total se extiende el sentido del tacto; el sentido de la vista tiene un alcance más amplio que los otros; el oído nos orienta en el espacio en forma bastante menos neta que el ojo y sus indicaciones no llegan tan lejos. Al principio, estas diferentes sensaciones de espacio, parecen independientes, luego se vinculan por asociación y constituyen el sistema que tiene para nosotros la mayor importancia práctica.

Todas las sensaciones de espacio tienen por objeto dirigir nuestros movimientos para nuestra conservación; esta función común forma el vínculo de asociación entre las distintas sensaciones de espacio. Quien goza de la vista es muy bien guiado por las sensaciones y las representaciones del espacio visual, que para él son las más familiares y las más útiles. Si en la oscuridad, o cuando tengo los ojos cerrados, se dibuja una figura en mi piel; la traduzco en una *imagen visual* y para ello evoco el *movimiento* que he sentido. Si, por ejemplo, se quiere que una figura dibujada sobre mi frente se me aparezca como una R, es necesario que quien está frente mío escriba sobre mi frente una R vista en un espejo, sobre el occipucio una R, sobre la piel del vientre una R invertida en sentido vertical: entonces, si imagino que yo mismo he escrito esos signos, reconozco una R. En cierta manera, en los dos primeros casos me represento mi cabeza como transparente y en el último, imagino que he escrito sobre mi vientre y que leo lo que he escrito.

Para quien goza de la vista es muy difícil penetrar en las representaciones espaciales del ciego. Los trabajos

del profesor Saunderson, que era ciego, muestran que estas representaciones pueden adquirir un alto grado de claridad, pero siempre tuvo alguna dificultad para orientarse: recurrió a un cuadro dividido en cuadrados en cuyos ángulos y en el centro colocaba alfileres cuyas cabezas reunía con hilos.

Podemos admitir que para *todos* los animales, cuyo cuerpo presenta como el cuerpo humano tres direcciones principales, el sistema de las sensaciones de espacio es muy próximo al del hombre, aun cuando puede ser muy desigualmente desarrollado. Lo arriba y abajo, lo delante y atrás, son diferentes para los animales. Su derecha y su izquierda parecen ser equivalentes, pero la simetría de las formas, la simetría de las masas, condición necesaria de una locomoción rápida no puede ilusionarnos sobre su asimetría anatómica y fisiológica. Esta asimetría puede ser muy débil, pero es bien puesta en evidencia por este hecho; que existen animales simétricos cuyos parientes más próximos presentan formas asimétricas sorprendentes: la babosa es simétrica mientras que el caracol es asimétrico.

Hagamos aquí una consideración simple y general de teología. Podemos excitar distintos puntos sobre la piel de una rana mediante gotas de ácido y la rana responderá a cada excitación con un movimiento de defensa especial que depende del lugar excitado. Excitaciones cualitativamente iguales, aplicadas a órganos elementales diferentes y penetrando en el organismo por caminos distintos, provocan reacciones que, a su vez, por diferentes órganos y por caminos distintos retornan al medio que rodea al animal. Lo que es verdad para el sentido del tacto es verdadero para todos los otros. Al lado de los movimientos de defensa y de fuga, hay movimientos de ataque, que se especializan según el lugar excitado y según la individualidad del órgano elemental tocado. La rana engulle las moscas y el pollito que sale de su huevo, va a picotear

los granos. Lo que acaba de decirse es todavía aplicable a las simples reacciones *reflejas*, en las plantas como en los animales inferiores. Pero, cuando la reacción refleja debe ser modificada en un fin determinado, cuando la *voluntad* debe intervenir, es necesario que los excitantes sean percibidos como sensaciones y dejen rastros en la *memoria*.

En verdad, la observación personal nos permite no solamente reconocer la calidad de la excitación (una quemadura, por ejemplo), cualquiera sea el lugar sensible excitado, sino también saber cuál es ese lugar. Estos dos caracteres de la sensación determinan nuestro movimiento de reacción y podemos admitir que en el caso de sensaciones de la misma calidad, interviene un elemento constitutivo diferente, que depende de la naturaleza especificada del órgano elemental, del lugar excitado, o como dice Hering, del lugar de la atención. *La adaptación biológica recíproca más perfecta de una multiplicidad de órganos elementales se encuentra expresada en forma particularmente nítida en la percepción del espacio.*

Veamos ahora qué base fisiológica podemos atribuir a la percepción del espacio. La sensación, que suministra un órgano elemental, depende parcialmente de la calidad del excitante: llamamos a esta parte de la sensación la *impresión sensorial*. Otra parte de la sensación es determinada únicamente por la *individualidad* del órgano y varía de un órgano a otro sin depender de la excitación: la llamamos la *impresión orgánica* y la consideramos como correspondiente a la noción de espacio. Admitimos que la impresión orgánica varíe tanto más cuanto tenga relación con órganos de parentesco ontogénico más alejado.

La impresión orgánica no puede manifestarse más que si el órgano elemental es excitado y no cambia cuando el mismo conjunto de órganos es excitado. Puede decirse que el espacio fisiológico es un sistema de impresiones orgánicas atemperadas que no existirían sin las impresio-

nes sensoriales. Puesto en juego por impresiones sensoriales variables, forma un *registro permanente*, donde van a colocarse estas impresiones. Las suposiciones que aquí hacemos sobre los órganos elementales son completamente análogas a las que se ofrecen naturalmente a nosotros y que la experiencia verifica para individuos de un mismo tronco presentando distintos grados de parentesco. Lo que hemos buscado, propiamente hablando, no es una teoría de las percepciones del espacio sino una simple descripción fisiológica de aquello que observamos psicológicamente.

Si el sistema de las sensaciones de espacio debe responder a necesidades biológicas inmediatas y provocar reacciones corporales tendientes a la conservación del individuo, es imposible imaginarlo en forma diferente a como acabamos de hacerlo. Todo sistema de sensaciones es *finito* y una serie ilimitada de calidades o de intensidades de sensaciones no puede ser concebida desde el punto de vista fisiológico. Es necesario a los diferentes órganos del cuerpo para poder cumplir sus funciones, una *desigual* sensibilidad. De ahí, la estructura particular de la mancha amarilla de la retina, la de la piel en la punta de la lengua y el extremo de los dedos, comparativamente con la estructura de las partes periféricas de la retina, de la piel del brazo y de la espalda. Es importante para nosotros, distinguir con respecto a nuestro cuerpo, lo arriba y abajo, adelante y atrás, derecha e izquierda, lejos y cerca. Para los objetos visuales próximos, biológicamente más interesantes, la percepción del relieve estereoscópico es mucho más fina que para los objetos alejados, menos importantes. Si, partiendo del espacio geométrico, llegásemos a construir el espacio fisiológico de conformidad a nuestro interés, casi no lo haríamos distinto del que realmente existe.

Las divergencias entre el espacio fisiológico y el espacio geométrico no nos chocan y esto se explica consi-

derando desde más cerca las circunstancias en que vivimos. Las sensaciones del espacio *guían* nuestros movimientos, pero a menudo no llegan más que cuando vamos a estudiarlos en sí mismos, y lo que para el hombre tiene el mayor interés, es el *objeto* del movimiento. Ante todo, hacemos experiencias sobre los cuerpos y las distancias y estas primeras experiencias fijan nuestra atención y nuestro interés en forma casi completa. Si, como un molusco en el fondo del mar, el hombre siempre conservase el mismo lugar y la misma orientación, difícilmente llegaría a representarse el espacio euclideo como el espacio sería tan aproximado al espacio euclideo como el sistema cristalino triclinico lo es con respecto al sistema cúbico. Siempre permanecería *anisótropo y limitado*. Pero como podemos desplazar arbitrariamente nuestro cuerpo en su conjunto y orientarlo a nuestro capricho, juzgamos que podríamos efectuar los mismos movimientos en todos los lugares y en todas las direcciones. Entonces decimos que en todas partes y en todas direcciones, el espacio tiene la misma constitución y que podemos representarlo como ilimitado e infinito. Desplazamientos regulares y diversos cambios de orientación, por ejemplo una rotación alrededor de un eje vertical, dan lugar a modificaciones constantes en el espacio y ahí vemos intervenir con la regularidad, la posibilidad de repetir indefinidamente ciertas operaciones.

Las impresiones de espacio que determinan los movimientos de miembros aislados, también nos guían para los desplazamientos del conjunto del cuerpo. El pollito, que mira un objeto, se lanza hacia él para picatearlo; el niño, viendo un objeto que no puede alcanzar directamente, se arrastra con ese fin, luego, un buen día, se endereza sobre sus pies y camina hacia él.

La principal dificultad encontrada en el análisis del espacio fisiológico, proviene de que a la edad en que los hombres cultivados empiezan a reflexionar sobre este

tema, las representaciones científicas de la geometría les son ya familiares y las transportan naturalmente a todas partes. Es necesario que aquellos que estudian este problema traten de olvidar mucho de lo que han aprendido antes, buscando encontrar la frescura de impresión de una mirada no prevenida.

Ciertas excitaciones provocan, por vía refleja, movimientos de los miembros y a su vez estos movimientos traen a la periferia otras excitaciones que retornan a la corteza cerebral y producen sensaciones, imágenes de los movimientos que se reúnen. Si alguna vez, una asociación por ejemplo, viene a avivar esas imágenes, tiende a producir nuevamente los mismos movimientos. Los *puntos del espacio* nos son conocidos fisiológicamente como objetos de diferentes movimientos que efectuamos para captar, para mirar, para marchar, etc. Las imágenes de estos movimientos se reúnen en regiones más o menos bien determinadas del cerebro y se localizan. Todas estas imágenes casi no pueden afectar al cerebro íntegro en la misma forma. Esto resulta de la existencia de una doble conducción nerviosa centrípeta y centrífuga y quizá tenemos el derecho de pensar que las imágenes de los movimientos son localizadas en la corteza cerebral según sus diferentes fines: los puntos del espacio corresponderían entonces a lugares en el cerebro y las distintas sensaciones de espacio, a las impresiones orgánicas dadas por estas regiones cerebrales. Puede suponerse que la concepción del espacio está preparada de antemano por la organización congénita, pero queda mucho juego para el desarrollo individual, que debe variar grandemente, según se trate de un ciego o de un hombre que goza de la vista, de un cazador, de un músico, etc.

El espacio geométrico, de forma más abstracta, es más claro, pero el espacio fisiológico está más próximo de la sensación; también en geometría, las propiedades del espacio fisiológico intervienen bastante. Sobre nuestras

figuras distinguimos los puntos más próximos de aquellos que están más alejados, los que están a la derecha de los que están a la izquierda, aquellos que están arriba de los que están debajo, aun cuando el espacio geométrico no tenga nada que ver con nuestro cuerpo y no se ocupe más que de las relaciones de los puntos entre sí. Entre las figuras geométricas, la recta y el plano se distinguen por sus propiedades fisiológicas y ellos son los primeros objetos de nuestras investigaciones geométricas. Su simetría atrae la atención del geómetra y es también la simetría quien adjudica importancia al ángulo recto. Circunstancias fisiológicas han impulsado igualmente a los matemáticos a estudiar la similitud antes de estudiar otras propiedades geométricas.

El empleo de las coordenadas cartesianas libera a la geometría de algunas influencias fisiológicas; sin embargo, todavía distinguimos coordenadas positivas y negativas, según que sean contadas hacia la derecha o hacia la izquierda, hacia arriba o hacia abajo. Esto es cómodo e intuitivo, pero no es necesario. El empleo de un cuarto plano de coordenadas, o la determinación de un punto por sus distancias a otros cuatro puntos no situados en un mismo plano, nos dispensa de recurrir a consideraciones fisiológicas en geometría.

El espacio fisiológico permanece siempre muy distinto del espacio euclidiano: también se lo observa en física. El hombre llega bastante fácilmente a hacer abstracción de la derecha y la izquierda, de adelante y atrás, pero no de lo arriba y abajo puesto que le es imposible mantenerse largo tiempo cabeza abajo.

CAPÍTULO XXI

EL TIEMPO FISIOLÓGICO Y EL TIEMPO FÍSICO

Al despertar en un medio tan invariable como sea posible y hasta dormitando todavía un poco, oímos regularmente dar la hora, distinguimos nítidamente el segundo toque del primero, el tercero del segundo y del primero, etcétera, abreviando, los sonos ulteriores de los anteriores, aun cuando todos tengan la misma intensidad, la misma altura y el mismo timbre. Sin titubeos reconocemos que los sonos se repiten a intervalos de tiempo regulares, e inmediatamente notamos sin necesidad de recurrir a artificios, toda perturbación que se produzca en su sucesión. Sentimos inmediatamente el tiempo o la situación en el tiempo, como el espacio o la situación en el espacio. Sin esta impresión de tiempo, no existiría la cronometría, como sin la impresión de espacio, no habría geometría.

Reconocemos la igualdad de ritmo en las melodías más distintas, que aparte del ritmo no tienen ninguna semejanza. Existen pues, verosíblemente, procesos fisiológicos particulares que sirven de base a las impresiones del tiempo. Fisiológicamente, algunos hechos muestran en forma sorprendente que los órganos elementales contribuyen a formar la sensación de tiempo.

En los límites de perceptibilidad inmediata, es decir, apartando como casos extremos, la velocidad de la aguja de un reloj o la de un proyectil, la rapidez de un desplazamiento o de un cambio de intensidad, no es únicamente un fin de medidas matemáticas y físicas.

Entre nuestra intuición *fisiológica* de tiempo y el tiempo *cronométrico*, cuya noción hemos adquirido comparando entre sí fenómenos físicos, existen diferencias análogas a las que separan el espacio fisiológico y el espacio métrico.

Los dos parecen *continuos*; a una variación continua en el tiempo fisiológico corresponde una variación continua en el tiempo físico. Los dos transcurren en *un solo* sentido. Pero, ahí se detienen las semejanzas. El tiempo físico transcurre a veces más rápido y otras más lentamente que el tiempo fisiológico, es decir, que todos los fenómenos que físicamente tienen la misma duración, no nos parecen de la misma duración en la observación inmediata. La distinción física de un punto del tiempo puede efectuarse con exactitud mucho mayor que la distinción fisiológica. El presente no nos parece intuitivamente como un *punto* del tiempo que no tiene ninguna duración, sino como una *fracción* de tiempo, de duración notable, con límites esfumados, difíciles de precisar y de cuando en cuando variables. Hablando propiamente, es a esto que se limita la intuición de tiempo, ella no es completada más que en forma insensible por el recuerdo del *pasado* y por lo que nuestra imaginación nos presente del *porvenir*, pero el pasado y el porvenir se nos aparecen bajo una perspectiva muy resumida.

En física, un ritmo que se repite periódicamente no es sino una forma del tiempo, pero para nuestra intuición de tiempo, esta forma cambia con el momento en que nuestra atención interviene. Igualmente, la forma de una figura geométrica varía para la intuición espacial según la orientación y el punto fijo.

Actualmente casi no existe lugar a duda de que la intuición del tiempo, como la del espacio, está determinada por nuestra constitución hereditaria: en vanos nos esforzamos por liberarnos de esas intuiciones. Así, colocándonos en el punto de vista de la teoría del nativismo, no afirmamos, por otra parte, que las intuiciones de es-

pacio y de tiempo estén neta y completamente desarrolladas en el momento del nacimiento, no renunciamos a vincularlas a las necesidades biológicas, ni a buscar la influencia de estas necesidades sobre su desarrollo filogénico y ontogénico, en la raza y en el individuo. Además, podemos buscar el vínculo de esta doble intuición con los conceptos geométricos y cronométricos. Si las intuiciones son indispensables al desarrollo de los conceptos, son insuficientes por sí solas. Para completar la formación de los conceptos métricos, son necesarias experiencias que conciernen a las relaciones mutuas de los cuerpos físicos en el espacio y las relaciones de los procesos físicos en el tiempo.

Tratemos primeramente de poner en evidencia el *papel biológico* de la sensación de tiempo. Spencer ha señalado que el desarrollo del sentido de tiempo y del sentido de espacio, son solidarios. Un animal, adaptado a simples excitaciones de contacto, mecánicas o químicas, bajo su influencia, reacciona en forma inmediata, con una serie de procesos sucesivos que determina el organismo y sobre los cuales lo que lo rodea no tiene influencia y el animal no tiene necesidad de representarse en forma consciente en el tiempo, estos fenómenos que se producen por sí mismos. Pero puede ser que las acciones a distancia tomen importancia; por ejemplo, si una presa se aproxima, el animal es advertido por el olfato, el oído o la vista; entonces experimenta la necesidad de reproducirse en el orden cronológico natural y en forma consciente, los fenómenos que acompañan la aproximación de esta presa, pues las reacciones sucesivas necesarias para llegar a captar la presa, no intervendrían sin esta reproducción psíquica. Una vez engullido el alimento, los otros fenómenos de la nutrición se cumplen sin que el animal tome conocimiento de ello. La sensación de tiempo y la representación de espacio se desarrollan por la adaptación del individuo al medio temporal y espacial en que se encuen-

tra colocado. El hombre, cuyos intereses son más dilatados en el espacio y en el tiempo, posee la sensación de tiempo y la representación de espacio en su más alto grado de desarrollo.

El rasgo fundamental de nuestras representaciones psíquicas es el de poder reunir al original desde el doble punto de vista no sólo de la calidad de los elementos de las sensaciones y de sus combinaciones, sino también de sus *relaciones* y de su *distribución* en el espacio y en el tiempo. El ejercicio y el grado de atención son quienes tienen la mayor influencia en la precisión alcanzada por esta semejanza. Un individuo, aunque esté distraído, no ve en su memoria a las cosas con su techo hacia abajo; los grandes edificios no se le aparecen con dimensiones liliputienses o con chimeneas desproporcionadas. En un fragmento de música, la sucesión de los sonidos o del ritmo no es invertida por el recuerdo y un adagio no pasa a ser un allegro.

Todo esto prueba que además de los elementos que llamamos impresiones sensoriales, existen otros, que constituyen un *fondo relativamente fijo*, que son reproducidos al mismo tiempo que cualquier otra reproducción y que impiden que las imágenes del recuerdo sufran una deformación demasiado grande en el espacio y el tiempo.

Si nuestro campo psíquico en el tiempo fuese estrechamente limitado al presente, no podríamos percibir variaciones; nuestra conciencia debe pues abarcar siempre una porción finita de tiempo. Las sensaciones o las representaciones, que se encuentran en esta porción de tiempo, a veces parecen zozobrar pero vuelven a flotar en el agua y pueden ser concebidas como anteriores unas a otras. Fácilmente distinguimos en los acontecimientos sensibles del presente, los recuerdos más ténues y fugaces, hasta los más recientes, y todavía más, los restos esfumados de un pasado más antiguo. El hilo de la asociación va de los recuerdos más viejos a los más recientes y por

ellos a los acontecimientos cuya aparición esperamos y que la imaginación hace reflejar delante nuestro.

Numerar los términos de esta sucesión de recuerdos con los nombres de los números no responde, a mi juicio, a una concepción conveniente del curso del tiempo. A lo sumo podemos hacerlo para los acontecimientos de un pasado lejano, visto bajo una perspectiva muy restringida.

Para comprender más fácilmente la noción de espacio, hemos admitido que todo órgano excitado, además de la *impresión sensorial*, determinada por la calidad de la excitación, da también una *impresión orgánica*, unida en forma constante a la individualidad del órgano. Imaginemos que esta última impresión esté constituida por dos partes, una constante y la otra variable en el tiempo con la actividad del órgano. Por eso no proponemos teorías o explicaciones del espacio y del tiempo fisiológico, pero este análisis simple de los hechos quizá no deje de tener utilidad.

El cuerpo de un hombre o de un vertebrado superior presenta una temperatura aproximadamente constante, necesaria para la conservación de la vida; habitualmente existe una diferencia relativamente constante entre la temperatura del animal y la del medio que lo rodea. Desde el punto de vista físico, esto supone una regularidad muy grande en el curso de las funciones vitales, que no experimentan sino débiles perturbaciones cuando cambian las reacciones del medio. Únicamente los organismos más pequeños y más simples pueden tener un consumo regular y un aporte regular de alimento. En los organismos más grandes y más complicados, es necesario procesos periódicos para asegurar, con regularidad imperfecta pero suficiente, la conservación de las funciones vitales. El organismo pasa alternativamente por los estados de sueño y de vigilia; tiene apetito, después queda sosegado. La sangre no recibe la cantidad de aire que le es necesaria más que por los movimientos periódicos del

movimiento respiratorio y llega a los órganos sólo gracias a los movimientos rítmicos de la bomba cardíaca. Para buscar su alimento, es necesario que el animal se desplace mediante movimientos periódicos de sus extremidades y la contracción muscular presenta también una marcha rítmica.

En todas las partes del organismo encontramos períodos de duración muy variables. Si, con Hering, consideramos a la vida como un estado de equilibrio dinámico entre el anabolismo y el catabolismo, entre la asimilación y la desasimilación, estos fenómenos periódicos no nos sorprenden más que las oscilaciones físicas, que forzadamente intervienen allí donde un equilibrio estable se encuentre alterado y donde el amortiguamiento no es suficiente para mantener el fenómeno aperiódico. Las funciones orgánicas tienden a la periodicidad: por ejemplo, nuestro paso se adapta a una música militar que oímos accidentalmente.

Las excitaciones, importantes desde el punto de vista biológico, provocan en los animales inferiores o en los animales muy jóvenes, reflejos de adaptación. Si la atención de un animal más desarrollado, es atraída por una sucesión de sensaciones, sus reflejos son modificados por la experiencia; interviene la memoria. La acción no puede ser separada de la sensación: la observación pura es ya para el animal y para el hombre una cooperación muda; pero el animal no sale de su indiferencia psíquica más que durante la corta duración de una acción voluntaria y sólo atiende a sus sensaciones, mientras que al contrario, la atención del hombre es muy frecuentemente despertada por los recuerdos (representaciones). En este caso, nosotros no dejamos que las imágenes se nos presenten en forma puramente pasiva, somos *tácitamente activos*.

La vida psíquica más desarrollada puede presentar una atención más prolongada, pero esta atención no es cons-

tante. Nos sucede lo mismo cuando reflexionamos tratando de resolver un problema. A menudo creemos entrever el resultado buscado, pero si no logramos fijarlo completamente, se nos escapa y un poco más tarde nos es necesario recomenzar una nueva tentativa.

La atención sufre pues, oscilaciones. La duración de una de esas oscilaciones comportará varios segundos y poco a poco se extenderá al intervalo de tiempo físico que concebimos fisiológicamente como el presente. Habiendo el hombre adaptado estas oscilaciones al medio en que vive, sus reacciones pueden consistir en un aumento de su actividad corporal o simplemente en una observación más sostenida, pero, sea como sea, a cada uno de esos momentos físicos corresponde una fase de la atención. Admitamos que el curso de las fases de la atención sea aproximadamente regular desde el comienzo hasta el final y que las impresiones de estas fases estén asociadas a las impresiones sensoriales correspondientes: entonces la reproducción física y la reproducción de la representación se corresponderán aproximadamente en el curso del tiempo y ello responde a las necesidades fisiológicas.

Esto no nos ayuda a comprender más que la reproducción de pequeños intervalos; para grandes intervalos, el hilo de la asociación es suficiente y el recuerdo de los detalles se limita a algunas escenas más importantes; si no fuera así nuestros recuerdos nos tomarían el mismo tiempo que los acontecimientos mismos y no tendríamos tiempo para sentir nuevos acontecimientos.

La sucesión de impresiones en el tiempo viene a ser un *registro* donde toman ubicación las otras calidades de los acontecimientos que sentimos. Aprendemos que existen fenómenos, pulsaciones, pasos, oscilaciones pendulares, cuya duración permanece siempre la misma y que nos proporcionan una constitución del tiempo *fisiológico*. Aun cuando en ciertos estados normales o enfermizos de

nuestro cuerpo, sueño, fiebre, embriaguez de hachich, etc., estos fenómenos parecen tener una duración diferente, las oscilaciones de un mismo péndulo tienen siempre la misma duración cuando aplicamos nuestra atención *normal* en el estado de vigilia. Es así que llegamos a concebir un tiempo que *transcurre uniformemente*.

En el grado más inferior de la vida, no conocemos más que aquello que concierne a nuestro cuerpo, pero cuando las necesidades, más complejas, no pueden ser satisfechas inmediatamente, el interés indirecto que entonces entra en juego, a menudo excede en mucho al de la sensación momentánea. Para apreciar el curso del tiempo en los fenómenos que se verifican alrededor nuestro, la sensación fisiológica de tiempo es demasiado imprecisa.

Comenzamos entonces a comparar entre sí a los fenómenos físicos, por ejemplo, las oscilaciones pendulares con los movimientos de caída para espacios determinados, o con el ángulo que ha girado la tierra durante la oscilación del péndulo. Nos damos cuenta entonces que, si dos fenómenos físicos exactamente definidos, cuyo comienzo y fin coinciden, conservan esta propiedad en todo momento, podemos emplear como unidad, de tiempo, un proceso de este género exactamente definido. Sobre esto es que descansa la *cronometría física*.

Instintivamente se tiene la costumbre de transportar al patrón cronométrico la representación de la substancialidad del tiempo. Pero es necesario subrayar bien que en física esta representación no tiene sentido. La medida nos proporciona la relación de una cantidad con el patrón adoptado, pero la definición no prejuzga nada acerca del patrón mismo. Es tan necesario hacer una distinción bien neta entre la sensación inmediata de una duración y el número que la mide, como entre una sensación de calor y una temperatura. Cada uno tiene su intuición personal del tiempo y esta intuición no es transmisible, mientras que los conceptos cronométricos son comunes a todos los hombres instruídos y son trasmisibles.

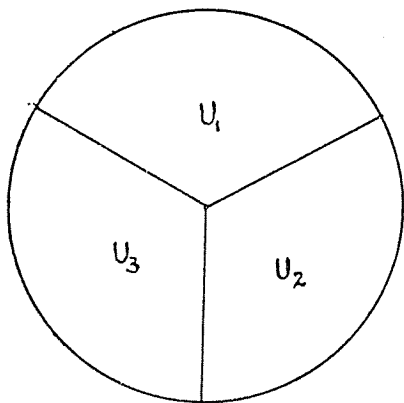
CAPÍTULO XXII

EL TIEMPO Y EL ESPACIO EN FÍSICA

Desde el punto de vista fisiológico, el tiempo y el espacio son sistemas de sensaciones de orientación que, al lado de las sensaciones propiamente dichas, ponen en juego reacciones convenientes para la adaptación biológica. Desde el punto de vista físico, *el tiempo y el espacio son relaciones particulares de los elementos físicos entre sí*. La primera prueba está en que los números que miden el tiempo y el espacio intervienen en todas las ecuaciones de la física y en que adquirimos los conceptos cronométricos por la comparación de *fenómenos físicos entre sí*, los conceptos geométricos por la comparación de los *cuerpos físicos* entre sí. Nos ocuparemos primeramente del tiempo en física.

Para poner en evidencia mediante un ejemplo simple, la relación *cronométrica* en toda su pureza, imaginemos un fenómeno donde el espacio sea eliminado, por así decir, porque este fenómeno sólo hace intervenir cuerpos que tengan en el espacio las mismas relaciones mutuas. Consideremos tres masas iguales, de conductibilidad calorífica inferior infinitamente grande, teniendo los tres la misma capacidad calorífica y poniéndose cada uno de ellos en contacto con los otros dos mediante una superficie infinitamente grande de la misma conductibilidad calorífica exterior. Atribuyamos a estas masas, temperaturas diferentes u_1 , u_2 , u_3 y estudiemos cómo varían estas temperaturas con el tiempo.

Las diferencias entre las temperaturas sólo pueden *disminuir* y no aumentar. El tiempo transcurre *en un solo sentido*. Los apartamientos con el término medio de las temperaturas, experimentan *en común* variaciones que *dependen* las unas de las otras y que son *proporcio-*



nales entre sí. Estos rasgos característicos de la dependencia cronométrica son completamente inteligibles. Para que la investigación científica pueda tener asidero sobre un fenómeno, este debe aparecerse como determinado por alguna diferencia. Allí donde no podamos esperar ninguna diferencia, no podemos encontrar determinación. Pero imaginemos, por un instante, que las diferencias aumentan: vemos que esta idea es incompatible con la imagen familiar que nos hacemos del mundo, que no presenta ninguna modificación *sin finalidad*, pero muestra en todas partes una tendencia hacia un estado determinado. En realidad, puede suceder que ciertas diferencias aumenten si el fenómeno es acompañado por la disminución de otras diferencias *más importantes*; pero nun-

ca observamos que *una* diferencia aumente espontáneamente sin una compensación cualquiera. Existen, es verdad, fenómenos para los cuales puede obtenerse aumentos tanto como disminuciones de diferencias; estos fenómenos aparentemente pueden producirse en los dos sentidos y realmente a veces parecen desarrollarse *periódicamente*. Pero, en estos casos, no se trata nunca de diferencias no compensadas. Si se los considera *exactamente* y no únicamente en forma esquemática, debe pensarse que estos fenómenos, como todas las clases de oscilaciones, no son *simplemente* periódicos y que siempre contienen elementos irreversibles.

El análisis matemático aplicado a nuestro ejemplo nos permite poner en evidencia "la conmensurabilidad de las variaciones simultáneas". Este segundo rasgo característico de la dependencia cronométrica es fácil de comprender en el caso en que los cuerpos se tocan inmediatamente. Las modificaciones son determinadas en forma *recíproca* por las diferencias de los cuerpos, puesto que ningún cuerpo tiene ventaja sobre los otros, ya que como en nuestro ejemplo, *un* cuerpo recibe lo que el *otro* pierde. En los casos donde intervienen relaciones más complicadas, no podemos esperar una conmensurabilidad tan *simple* de las variaciones simultáneas, por lo tanto, ahí también todos los cambios marcharán paralelamente entre sí en la *homogeneidad* de la naturaleza, donde no vemos perturbaciones inesperadas que vengán a turbar el curso normal de las cosas.

Consideremos, por ejemplo, la revolución de un satélite de Júpiter y tomémosla como reloj. Es difícil admitir que su movimiento tenga alguna influencia notable sobre los fenómenos terrestres. Sin embargo, un fenómeno de enfriamiento en la tierra será tan bien representado por la fórmula $K e^{-kt}$, naturalmente cambiando los coeficientes, tanto que t sea sacado del movimiento del satélite de Júpiter como el movimiento de la tierra.

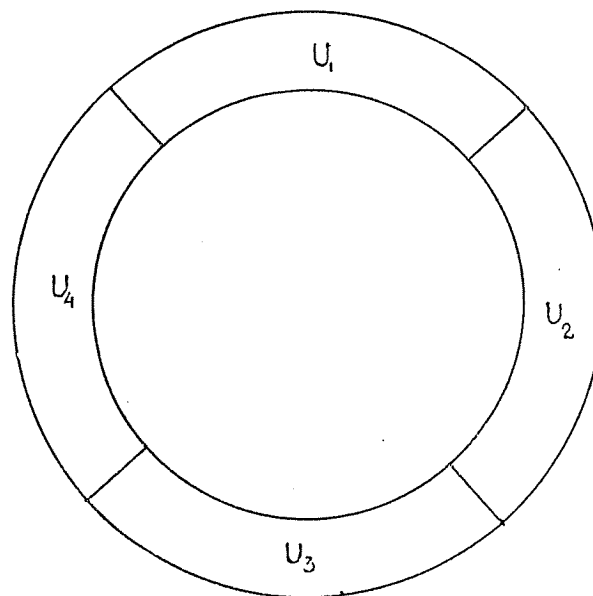
Únicamente, si mientras observamos el satélite su velocidad cambiara como consecuencia de un choque con un meteorito, la fórmula cesaría de ser exacta, y se vería que la relación del fenómeno calorífico con el movimiento del satélite no es inmediata.

En lugar de *tres* masas simétricamente dispuestas en el espacio, en forma análoga habríamos podido imaginar *cuatro*. Habría sido suficiente trazar seis planos por el centro de gravedad de un tetraedro regular, de manera que cada uno de ellos pasara por una arista del tetraedro y llenar con las cuatro masas las porciones así formadas del tetraedro. Pero, una división análoga del cubo no habría sido aplicable a nuestro fin. Entonces, cada una de las masas tocaría a otras cuatro pero no estaría en relación inmediata con la quinta. Siempre podríamos conservar la *ficción física* de un número cualquiera de masas simétricamente distribuidas desde el punto de vista de la conductibilidad, si imaginamos que éstas se hallan unidad dos a dos por un hilo de conductibilidad calorífica infinitamente grande y que están aisladas del resto. El *número* de las masas que presentan la misma relación inmediata no modifica el resultado de nuestro estudio. Un *solo* cuerpo no puede determinar en sí mismo ningún cambio, pero son suficientes ya *dos* cuerpos para producir un cambio mutuo.

Podría imaginarse el cambio como posible en los dos sentidos: la necesidad de una determinación *unívoca* nos impulsa a prestar atención, en primer lugar, a las experiencias que deciden sobre su sentido real. Efectuado esto, y si es la disminución de la diferencia lo que se produce, tratamos de conocer la *parte* que cada uno de los cuerpos toma en la igualación de las temperaturas. Las variaciones simultáneas de temperatura, por ejemplo, son inversamente proporcionales a las capacidades caloríficas, de manera que dos cuerpos tienden al mismo tiempo hacia un *término medio compuesto* de tempera-

turas. En otros casos, encontramos reglas análogas. Podemos decir que *son las relaciones físicas inmediatas más simples, las que se expresan por relaciones de tiempo.*

Vamos ahora a modificar nuestro ejemplo de manera



de expresar *en la forma más simple*, al lado de la relación cronométrica, la influencia de una relación *espacial* particular. Imaginemos cuatro masas iguales formando un anillo continuo; no existen aquí más que dos relaciones diferentes en el espacio: la de las masas que se tocan y la de las masas que están opuestas y no se tocan.

La disposición regular de las cuatro masas en un anillo corresponde al caso más simple de un espacio de Riemann, lineal, finito, cerrado y compuesto por cuatro elementos distintos. La forma anular tiene la ventaja de

ofrecer mayor claridad por el empleo de permutaciones circulares.

Sin cambiar nada esencial al resultado, habríamos podido considerar cien masas en lugar de cuatro, o imaginar, como lo hizo Fourier, un anillo homogéneo presentando al comienzo, una distribución continua de temperatura. Obtenemos un espacio de Riemann a dos dimensiones llenando una cáscara delgada con las masas que en número cualquiera son distribuidas. La ficción de las comunicaciones conductoras convenientes nos permite además, imitar desde el punto de vista de sus consecuencias físicas, otras disposiciones en el espacio. Siempre el resultado de nuestras consideraciones sería el mismo. La influencia de las relaciones físicas indirectas se manifiesta más tarde; está ocultada por las relaciones inmediatas o por las relaciones indirectas que comportan un número menor de intermediarios. *Las relaciones físicas indirectas se expresan por relaciones de espacio.*

¿Cómo conciliar ahora con las ideas corrientes esta manera de ver que, sin resolver la cuestión del espacio, constituyen quizás un pequeño paso tendiente a aclararla? Para representarse con qué dificultades se ha formado el concepto de espacio, no podría hacerse nada mejor que estudiar el cuarto libro de la *Física* de Aristóteles. Aristóteles se muestra muy preocupado por el problema de saber si *existe o no* el espacio, *cómo es y qué es*. No puede concebir al espacio como un cuerpo, pues "eso sería poner un cuerpo en el otro"; pero no puede separar el espacio de los cuerpos, pues para él, el lugar de un cuerpo es lo que limita a ese cuerpo, lo que lo encierra. Aristóteles pone en evidencia que no se plantearía cuestiones sobre el espacio si no hubiese movimiento. Todas las dificultades de la concepción del espacio se encuentran en las explicaciones que da del movimiento.

Fácilmente se comprende que sea imposible imaginar

el vacío, si se confunde la noción de espacio con la de cuerpo; esta opinión era compartida por Aristóteles y por muchos de los pensadores antiguos.

Aquellos que admitían un vacío, como Leucipo, Demócrito, Epicuro y otros, tenían ideas muy cercanas a las nuestras. Para ellos, el espacio era una especie de vaso que podía o no ser llenado. En verdad, forzosamente debía arribarse a esta noción por la geometría, que hace abstracción de todas las propiedades de los cuerpos, excepto de su limitación sólida. Este desarrollo se encuentra confirmado por la observación natural y sensible del movimiento de los cuerpos en un medio transparente poco denso, como el aire, que llegado el caso, puede ser considerado como la nada, como un vacío.

Aún hasta en los tiempos modernos, no se podía imaginar la existencia del vacío. Todavía Descartes está tan convencido de esta imposibilidad que, según él, las paredes de un vaso donde pudiera efectuarse un vacío completo, deberían llegar a ponerse en contacto. Sabemos cuánta dificultad tuvieron Guericke, Boyle y Pascal, para demostrar a sus contemporáneos en forma convincente la existencia de este vacío que estaba proscripto. Por otra parte, ese vacío no tenía el sentido que se otorga en la física actual a esa palabra. Después de haber hablado de las ideas de los antiguos y de los modernos sobre el espacio, el tiempo y el vacío, Guericke dice: *Verum enim vero vacuum in natura dari, lib. seq. pluribus demonstrabimus experimentis*. Más adelante, Guericke refuta detalladamente las objeciones hechas a la existencia del vacío y las críticas opuestas a sus experiencias. Había sido conducido a sus investigaciones por estudios filosóficos y a menudo, contemplando la inmensidad de los espacios celestes, se había preguntado si ellos en sí mismos no eran el vacío negado constantemente.

La prueba de la existencia del *vacío* ha contribuido ciertamente en mucho a la *formación de nuestras ideas*

sobre el espacio, pero también han intervenido otras circunstancias. Galileo había encontrado las leyes de la dinámica observando los movimientos en la superficie de la tierra. Gran partidario del sistema de Copérnico, frecuentemente tuvo oportunidad de discutir, colocándose en el punto de vista de su dinámica, las objeciones opuestas a este sistema. Por ello, espontáneamente y como sin apercibirse, fué conducido a intentar relacionar esta dinámica con el *cielo de las estrellas fijas*, en lugar de vincularla a la tierra. Es así que construye, por ejemplo, su teoría de las mareas para defender el sistema de Copérnico, que creía exacto simplemente porque no le era posible reconocer defectos. La mecánica celeste, edificada por Newton sobre las bases que Galileo y Huyghens habían colocado, hizo indispensable el nuevo sistema de relaciones que se verificaba. Newton reconoció que la hipótesis de las fuerzas de gravitación, funciones de la *distancia*, era fecundada para la mecánica celeste.

Si se reflexiona que, para la mecánica de Newton basada en la gravitación, el cielo de las estrellas fijas no podía más ser considerado como un sistema sólido inmóvil, absolutamente invariable, en cierto modo se comprende su audaz tentativa de referir toda la dinámica a un espacio *absoluto* y a un tiempo *absoluto*. Prácticamente, esta hipótesis que actualmente nos parece desprovista de sentido, no cambia nada al cielo de las estrellas fijas para las coordenadas en el espacio y el tiempo. Por ello es que no fué un obstáculo y durante largo tiempo escapó a toda crítica severa. Es sobre todo después de Newton, podemos decirlo, que el tiempo y el espacio han venido a ser los seres independientes y sin embargo *sin cuerpo*, que se admiten actualmente.

La idea newtoniana de las fuerzas a distancia hizo posible, en el transcurso de un siglo, la construcción de una física matemática homogénea. Esto supone una gran perspicacia intelectual. Newton vió que las aceleraciones a

distancia realmente existían y reconoció su importancia. Los intermediarios se desvanecen a sus ojos y los olvida provisoriamente. Pero los más pequeños detalles también deben ser estudiados y es necesario mirarlos un poco más cerca. En lugar de considerar lo que es grande y vasto, es preciso observar lo que es más próximo y pequeño. Los más grandes sabios, y Newton especialmente, poseían estos dos modos de examinar. Las cuestiones dejadas de lado por Newton, *acciones de proximidad, acciones a distancia transmitidas progresivamente*, fueron durante el siglo pasado, tratadas con el mayor éxito por Faraday cuyas ideas no pudieron ser comprendidas por los sabios imbuidos de acciones a distancia, hasta que Maxwell las trajo en el lenguaje que les era familiar.

La observación muestra inmediatamente que los elementos sensibles de un punto del espacio y del tiempo están estrechamente ligados entre sí, tanto que se entienda espacio y tiempo en el sentido fisiológico como en el sentido físico de esas palabras. A esa unión llamamos un *cuerpo*. Por lejos que en nuestras observaciones podamos llevar la división de una región del espacio y del tiempo en pequeñas partes, encontramos todavía en esas pequeñas partes, más estrecha la dependencia de los elementos sensibles: las partes de los cuerpos a su vez, son cuerpos. En general, las modificaciones, no toman todo un cuerpo a la vez, pero sucesivamente alcanzan una parte después de otra, por ejemplo, una parte del cuerpo se disuelve después de otra, se calienta, etc.

La cosa es tan natural que consideramos como simples apariencias a los casos de excepción y que esperamos reducir las modificaciones súbitas de todo un cuerpo (por ejemplo, la electrización y las acciones a distancia, luz, gravitación) a una modificación progresiva propagándose progresivamente. Los grandes resultados obtenidos por Faraday han vuelto a dar importancia a esta concepción natural de la cual el mundo antiguo estuvo próximo. Desde el punto de vista de Faraday, se comprende

fácilmente la proposición: la dependencia *en el tiempo* es una dependencia inmediata, la dependencia *en el espacio* es una dependencia mediata.

Entonces, desde este punto de vista, se abre la perspectiva de llegar a una comprensión *física* del tiempo y del espacio y concebirlos partiendo de los hechos físicos más elementales. Para Newton el tiempo y el espacio son alguna cosa *hiperfísica*. Son *variables primitivas* independientes, no inmediatamente accesibles, según las cuales el mundo se dirige y por las cuales es regido. Así como el espacio regula el movimiento de los planetas más alejados alrededor del sol, así el tiempo mantiene en *concordancia* los movimientos celestes más lejanos y los fenómenos terrestres más insignificantes. Por esta concepción, el mundo viene a ser un *organismo*, o si se prefiere, una *máquina*, donde todas sus partes se dirigen en perfecta armonía según el movimiento de *una* de ellas y parecen, en cierta medida, guiadas por *una* voluntad única; permaneciendo desconocido, sin embargo, el objeto de este movimiento. Esta manera de ver, que proviene de Newton, está todavía en la base de la física moderna, aunque quizás se esté poco inclinado a declararlo francamente; pero deberá modificarse según el punto de vista de Faraday. El mundo no es un todo más que si ningún elemento no está *aislado* y si todas sus partes dependen unas de otras, sino inmediatamente, por lo menos mediante *intermediarios*. El acuerdo entre las partes que no están inmediatamente ligadas (la unidad de tiempo y la unidad de espacio) sólo se obtienen aparentemente, cuando no se tienen en cuenta los eslabones intermedios. Si el fin del movimiento del mundo continúa siendo desconocido, es solamente porque la porción que podemos observar tiene límites restringidos que nuestra ciencia no excede. Esta manera de ver, menos poética y menos grandiosa, por ello mismo, es más simple y más razonable.

Los progresos realizados en el conocimiento del vacío

han sido favorables a la concepción física del espacio. Propiamente hablando, el vacío no tiene para Guericke más que propiedades *negativas*. Para el observador superficial el aire no muestra inmediatamente sino propiedades negativas. No se lo ve y no se puede sentirse por el tacto más que cuando está en movimiento, lo que permite apreciar su temperatura. Encerrándolo en un vaso pudo constatar que es impenetrable y pesado. Más tarde todavía, se llegó a verlo y finalmente se le reconocieron todos los caracteres de un *cuerpo*. Sucede lo mismo con el vacío. Primeramente, no tenía *ninguna* propiedad física, luego Boyle demostró que no impide ni la acción de una lente convergente, ni la de un imán. Después de Young y Fresnel fué necesario admitir que en el vacío donde se propaga la luz, *los mismos* estados físicos se encuentran a distancias muy pequeñas y debe representarse a estos estados físicos como propagándose con una velocidad muy grande en la dirección de la luz. Los trabajos de Faraday, Maxwell, Hertz, etc., han establecido la existencia en el vacío de fuerzas eléctricas y magnéticas tan ligadas, que toda variación de una provoca la aparición de otra en el mismo lugar. En forma inmediata, no podemos en general percibir nada de estas fuerzas, salvo en los casos de una modificación periódica extremadamente rápida que se manifiesta a nosotros como luz. Pero, mediante artificios, es muy fácil probar la existencia de estas fuerzas y su ausencia absoluta constituye un caso de excepción muy raro. Por lo tanto, en ninguna forma el vacío es la *nada*; al contrario, posee propiedades *físicas* muy importantes. Puede llamarse al vacío un *cuerpo* (éter), esto no tiene importancia, pero no es posible negarle propiedades variables y dependientes unas de otras, que les son adheridas *como a los cuerpos*.

Lobatschcefskij señala que, en toda medición se emplean cuerpos, y que para construir los conceptos geométricos, es necesario partir de los cuerpos. "El *contacto* constituye

el signo distintivo de los cuerpos; es a él a quien deben el nombre de cuerpos geométricos, desde el momento que le atribuimos esta propiedad en forma fija, despreciando todas sus otras propiedades, esenciales o accidentales". Este pasaje deja desear por la precisión del lenguaje, pero puede admitirse que aquí se hace cuestión de la impenetrabilidad y de la solidez, que se manifiestan por el contacto de los cuerpos y que están en la base de toda medida. Sobre este tema, las cosas no están en el mismo punto que al comienzo del siglo XIX. Es verdad que siempre empleamos cuerpos sólidos para construir nuestros aparatos, pero gracias a la interferencia de la luz, podemos en un vacío que, aparentemente, no presenta puntos de referencia, marcar puntos y líneas y medir distancias en longitudes de onda, en forma mucho más exacta de lo que podríamos hacerlo con la ayuda de cuerpos sólidos que se chocan y se tocan. Asimismo es verosímil que será una vibración luminosa en el vacío quien proporcionará a los físicos del porvenir, la unidad de longitud por su longitud de onda, la unidad de tiempo por su periodo y que estas dos unidades fundamentales sobrepasarán a todas las otras porque serán más convenientes y más universalmente comparables.

Atribuimos al espacio tres dimensiones y nuestra geometría considera estas tres dimensiones como equivalentes y al espacio como isótropo. En realidad, si no se vincula más que a la impenetrabilidad de los cuerpos, no existe ninguna diferencia entre las direcciones. Pero si se considera la geometría como una ciencia física, puede preguntarse si siempre conviene conservar esta concepción y el *cálculo vectorial* ya nos fuerza a tener en cuenta la no equivalencia de las direcciones.

Un cuerpo amorfo, un cuerpo cristalizado en el sistema cúbico, no presentan diferencias según direcciones diversas. Pero para un cuerpo del sistema triclinico o para un

elemento de cuerpo, donde pasa una corriente de inducción y que por lo tanto se encuentra rodeado de líneas de fuerza que tienen un sentido determinado, las tres dimensiones no son equivalentes. Parece pues, que si admitimos la equivalencia de las dimensiones, ello obedece a que su no equivalencia desaparece en los casos particulares más simples y frecuentes. Fisiológicamente, las dimensiones no son equivalentes, sin lo cual no podríamos de ningún modo distinguirlos. Quizá esta anisotropía se encuentre ya en los órganos elementales que componen nuestro cuerpo. Podemos servirnos de nuestro cuerpo para orientar ciertos fenómenos físicos, como la regla del hombre de Ampère y otras reglas análogas permiten hacerlo con éxito en electrodinámica: esto indica un vínculo muy profundo entre el medio físico y nuestra constitución fisiológica, una *anisotropía común a uno y otra*.

Las intuiciones de tiempo y de espacio constituyen las bases más importantes de nuestra concepción del mundo sensible y como tales, no deben ser puestas de lado. Pero ello no nos impide intentar relacionar la variedad de las calidades de situación en el espacio a una variedad fisiológica. De acuerdo a las consideraciones expuestas en otra parte, deberíamos pensar en un sistema de cuatro calidades (procesos) químicos mezclados en cualquier proporción. Si algún día triunfase una tentativa de este género, se estaría llevado al problema de saber si el espacio físico no es reducible a los conceptos de calidad y de magnitud.

Es necesario todavía mencionar aquí que el tiempo y el espacio no representan, desde el punto de vista fisiológico, más que un continuo aparente, que muy seguramente se compone de elementos discontinuos, pero que no pueden distinguirse netamente unos de otros. ¿Hasta dónde en lo que concierne al tiempo y al espacio, la

hipótesis de la continuidad podrá ser mantenida? Simple cuestión de oportunidad y de acuerdo con la experiencia.

Lo anterior sólo expresa gérmenes de pensamientos a los cuales debo limitarme, sin poder decir todavía si son susceptibles de desarrollo.

CAPÍTULO XXIII

SENTIDO Y VALOR DE LAS LEYES CIENTÍFICAS

Frecuentemente se habla de las *leyes científicas*. ¿Cuál es el sentido de esta expresión? Generalmente se cree que las leyes de la naturaleza son, como las leyes civiles, a las cuales deben adaptarse los ciudadanos, reglas según las cuales debèn producirse los fenómenos naturales. Pero las leyes civiles pueden ser trasgredidas, mientras que se considera como imposible que los fenómenos no se verifiquen según las leyes de la naturaleza. Por otra parte, esta *concepción* se encuentra *quebrantada* si reflexionamos que estas leyes naturales son descifradas por nosotros y que obteniéndolas por abstracción de los fenómenos mismos, no estamos seguros de no equivocarnos. Si constatamos una infracción a estas leyes, ello se explica naturalmente como una concepción errónea de nuestra parte y la idea que nos hacemos de su inviolabilidad pierde su sentido y su valor.

Colocándonos en el lado subjetivo de nuestra concepción de la naturaleza, fácilmente llegamos a comprender que *sólo* nuestros conceptos y nuestra intuición prescriben leyes a la naturaleza.

Pero, sin prejuzgar en nada, consideremos el *desarrollo* de la ciencia: vemos que, en sus comienzos, el hombre dirige primeramente su atención sobre los aspectos de los fenómenos que para él tienen una importancia biológica inmediata. Sólo más tarde, se interesa también en los aspectos de los fenómenos cuya importancia biológica no

es inmediata. Si se hacen estas reflexiones, se reconocerá quizás que, *de acuerdo a su origen, las leyes naturales son restricciones que, guiados por la experiencia, prescribimos a nuestra previsión de los fenómenos.*

K. Pearson, cuyas vistas son muy próximas de las mías, se expresa sobre estas cuestiones, en la forma siguiente: "La ley civil implica un orden y un deber; la ley científica es una descripción, no una prescripción. La ley civil sólo es válida para una *comunidad determinada en una época determinada*; la ley científica se aplica a *todos* los seres humanos normales y no puede ser modificada mientras sus facultades de percepción conserven el mismo grado de desarrollo. Sin embargo, para Austin y para otros filósofos, la ley de la naturaleza no sería la fórmula mental, sino la sucesión repetida de las percepciones. Las percepciones de esta sucesión repetida serían proyectadas fuera de ellas mismas y consideradas como una parte del mundo exterior, independiente del hombre. En el sentido literal de la palabra, sentido por desgracia, bastante demasiado amplio actualmente, la ley natural existiría antes de ser reconocida por el hombre".

En lugar de la palabra *descripción*, respecto de la cual Mill y Whewell ya han *discutido* y que desde Kirchhoff ha tomado carta de ciudadanía, propondré la expresión *restricción de la previsión*, para indicar la significación biológica de las leyes de la naturaleza.

Que la *consideremos como una restricción de la acción*, como una *guía invariable de lo que pasa en la naturaleza*, o como un indicador para nuestra representación y nuestro pensamiento, que completa por anticipado los acontecimientos, siempre una ley es una limitación de posibilidades.

Galileo y Kepler se representan las distintas posibilidades de la caída de los cuerpos o del movimiento de los planetas. Intentan adivinar las que corresponden a las observaciones. Limitan sus representaciones vinculando-

las a la observación y dan a ésta una forma más determinada. El principio de inercia, según el cual un cuerpo que no está sometido a fuerzas, tiene un movimiento rectilíneo y uniforme, elige entre las posibilidades en número infinito, la posibilidad única que sirve de regla. La concepción de Lange para el movimiento de inercia de un sistema de masas libres, presenta a este movimiento como la elección de una forma *única* de movimientos entre las innumerables posibilidad cinemáticas.

En poder clasificar un dominio de hechos y edificar conceptos correspondientes a estas clases, hay ya una restricción de posibilidades. Una ley no se expresa forzosamente, en forma de teorema. La explicación del concepto de masa está sometida a la siguiente restricción: dos cuerpos que comparados a un tercero, se comportan como dos masas iguales, se comportan igualmente si se compara directamente uno al otro.

En circunstancias dadas, es necesario para todos los seres vivos, provistos de memoria, que su *previsión* sea de naturaleza de asegurar su *conservación*. A las necesidades biológicas inmediatas más simples corresponde la organización psíquica instintiva que, en un gran número de casos, organiza las funciones apropiadas con ayuda del mecanismo de la asociación. Pero frecuentemente, las condiciones de existencia son más complicadas y únicamente con largos rodeos pueden responder a las necesidades de la vida; entonces es preciso una vida psíquica más ricamente dotada y las diferentes partes de este rodeo adquieren para nosotros un interés inmediato, así como las *circunstancias* en que se presentan. El interés científico puede ser considerado como un interés indirecto, vinculado a una parte de uno de estos rodeos. Un caso dado puede presentar un interés biológico inmediato más o menos grande, únicamente una previsión *exacta, adaptada* a las circunstancias, responde siempre a nuestra necesidad.

Por otra parte, en lo que concierne a la justeza de nues-

tra previsión, según los casos, tenemos exigencias muy diferentes. Tenemos apetito y encontramos alimento allí donde las circunstancias nos lo hacía suponer; esto es suficiente y estamos satisfechos de la exactitud de nuestra previsión. Según la inclinación del cañón, el peso de un proyectil y la carga de pólvora, hemos previsto un cierto alcance; la trayectoria real no difiere sensiblemente de aquella que esperábamos y sin embargo, podemos tener, prácticamente, una notable y sensible decepción. Si debemos llegar a un objetivo por un camino bastante largo, haciendo, un gran número de pasos, un error mínimo cometido en la medida de la magnitud y dirección de los pasos tomados aisladamente, puede ser suficiente para hacer equivocar el objetivo. Por lo tanto, pequeñas faltas, eliminando varios números que entran en un cálculo, pueden falsear notablemente el resultado final¹.

La ciencia está hecha con esos pasos intermedios que encuentran su aplicación en la teoría o en la práctica (técnica) y determina a partir de circunstancias dadas, previsiones particularmente *exactas*.

Los progresos de la ciencia provocan en realidad una restricción creciente de la *previsión*: ésta viene a ser de más en más definida. Las primeras restricciones son cualitativas. Poco importa que los elementos A, B, C, que determinan una previsión M puedan ser científicamente designados a un tiempo en una proposición o que se deba encontrarlos uno después del otro como en los cuadros de botánica o de química analítica. Si, en casos semejantes desde el punto de vista cualitativo, se puede distinguir las calidades individuales de acuerdo a la cantidad, de manera de hacer corresponder a todo complejo cuantitativamente determinado de estas calidades A, B, C, una previsión M, también cuantitativamente

¹ J. R. Mayer, partiendo de números que no eran muy inexactos, encontró para el equivalente mecánico del calor 365 en lugar de 425.

determinada, la restricción obtenida es más completa y su precisión sólo está limitada por la exactitud que pueden comportar la medida y la observación.

Aquí también, la restricción puede hacerse repentinamente o progresivamente. Se está en el último caso cuando una restricción se ha hecho más precisa, para un campo más pequeño, por una determinación complementaria. En un polígono plano, rectilíneo y conexo, la suma de los ángulos interiores es $(n - 2) \cdot 2$ rectos, en el espacio euclidiano. Para el triángulo ($n = 3$), viene a ser igual a 2 rectos y cuando se dan dos ángulos cualesquiera de un triángulo, el tercero queda determinado. Esta estrecha relación descansa, por lo tanto, en una serie de condiciones que dependen unas de otras, o donde algunas no hacen más que determinar más estrictamente el sentido de las otras.

Sucede lo mismo en física. La ecuación: $p v / T = \text{constante}$, es válida para un cuerpo gaseoso de masa invariable que presenta en todos sus puntos los mismos valores para T , v , y p , y suficientemente alejada de las condiciones de su licuación. La ley de la refracción impone una relación $\text{seno } \alpha = n \cdot \text{seno } \beta$, que se hará todavía más estrecha relacionándola a un grupo determinado de dos cuerpos homogéneos que tengan una temperatura determinada, los potenciales eléctrico y magnético tendrán un valor constante en cualquier punto de estos dos cuerpos.

Cuando referimos una ley física a una *sustancia* determinada, ello significa que la ley es válida para un espacio donde las reacciones conocidas de esta sustancia pueden ser puestas en evidencia. El solo *nombre* de la sustancia generalmente cubre y oculta las condiciones complementarias. Las leyes físicas que son válidas para el espacio vacío (el vacío, el éter) sólo se relacionan, también ellas, a valores determinados de las constantes eléctricas y magnéticas. Aplicando una proposición a una sustancia,

introducimos otras determinaciones (ecuaciones de condición) enteramente como si dijéramos o entendiéramos tácitamente que un teorema de geometría es válido para un triángulo, un paralelogramo o un rombo.

Si un día encontramos que una ley está en defecto en circunstancias donde hasta entonces la habíamos encontrado aplicable, nos sentimos incitados a investigar para esta ley alguna condición complementaria *todavía desconocida*. El descubrimiento de esta condición es siempre algo importante. Es así que la electricidad y el magnetismo fueron descubiertos por la atracción y repulsión recíproca de los cuerpos que antes se tenía la costumbre de considerar como inertes unos respecto a los otros. Lo que constituye una proposición geométrica, y también una proposición física, son, a la vez, la hipótesis expresada y las condiciones tácitamente admitidas. Siempre será bueno esperar ver intervenir a condiciones *todavía desconocidas*, que hasta el presente se nos han escapado.

Según nuestra concepción, las leyes de la naturaleza son un producto de la necesidad *psicológica* que tenemos de encontrar nuestro camino en la naturaleza, de no permanecer extraños y embarazados frente a los fenómenos. Ello se ve nítidamente en los *motivos* de estas leyes que siempre responden a esa necesidad y también en el estado actual, cualquiera que sea, de la *civilización*. Las primeras tentativas de orientación grosera son mitológicas, demonológicas y poéticas. En tiempo del renacimiento de las ciencias, en el período de Copérnico-Galileo, se busca una orientación provisoria, sobre todo cualitativa; se deja guiar especialmente por la *facilidad*, la *armonía* y la *belleza*, cuando se buscan reglas que permitan restablecer los hechos mediante el pensamiento. La investigación cuantitativa más exacta, tiene por objeto una determinación tan completa como sea posible, una *determinación unívoca*, como ya se observa en la historia del primer desarrollo de la mecánica general. A medida que los

conocimientos de detalle van acumulándose, más fuertemente se siente la necesidad de disminuir el esfuerzo psíquico, la necesidad de *economía*, de continuidad, de uniformidad, la necesidad de reglas cuya aplicación sea lo más general que fuere posible. Es suficiente recordar la historia del desarrollo de la mecánica y de cualquier parte de la física que haya alcanzado grandes progresos.

Mientras que la teoría del conocimiento sólo poseía una crítica poco aguzada, era natural proyectar los motivos psicológicos en la naturaleza y atribuírselos. Dios y la naturaleza tendían hacia la unidad y la belleza, luego hacia una regularidad y una determinación más estricta y finalmente, hacia el ahorro y la economía en todos los fenómenos para obtener todos los efectos con el menor gasto. En los tiempos modernos, todavía Fresnel atribuye a la naturaleza la tendencia a obtener mucho por los medios más simples, cuando contra la teoría más antigua de la emisión, defiende la posibilidad de aplicar universalmente la teoría de las ondas. "La primera hipótesis tiene la ventaja de conducir a consecuencias más evidentes, ya que el análisis mecánico se aplica más fácilmente; la segunda, al contrario, en este sentido presenta grandes dificultades. Pero en la elección de un sistema sólo debe mirarse la simplicidad de las hipótesis; la de los cálculos no puede tener ningún peso en la balanza de las probabilidades. La naturaleza no está embarazada por dificultades de análisis, sólo ha evitado la complicación de los medios. Parece haberse propuesto hacer mucho con poco: éste es un principio que el perfeccionamiento de las ciencias físicas apoya sin cesar con nuevas pruebas" (Fresnel).

La precisión de las leyes naturales va en aumento y la restricción progresiva de nuestra previsión corresponde a una adaptación más exacta de los pensamientos a los hechos. Naturalmente, no es posible obtener una adaptación perfecta a todos los distintos hechos que pueden producirse en el porvenir y que nosotros no podemos

calcular. Para aplicar en forma simple, *tan general como sea posible*, las leyes de la naturaleza a los hechos reales concretos, debemos recurrir a la *abstracción*, a la *simplificación*, a la *esquemmatización*; *idealizamos* los hechos, los descomponemos en elementos simples en nuestro espíritu, los cuales, reunidos por el pensamiento nos permiten reconstruir los hechos dados, con exactitud suficiente. Como ejemplos de elementos así idealizados, que nunca se encontrarán absolutamente realizados en la naturaleza, pueden citarse los movimientos uniformes y uniformemente acelerados, las corrientes térmicas y eléctricas estacionarias (invariables) y las corrientes de intensidad uniformemente creciente o decreciente. Pero es partiendo de tales elementos que podemos con el pensamiento reconstituir en forma suficientemente exacta a tales movimientos o corrientes variables que queremos. Son estos elementos los que hacen práctica la aplicación de las leyes naturales. Esto se observa en las *ecuaciones diferenciales* de la física.

Nuestras leyes científicas forman, por lo tanto, una serie de teoremas preparados para las aplicaciones y convenientemente elegidos para este uso. La ciencia puede ser considerada como una especie de *colección de instrumentos* que nos permiten mediante el pensamiento completar los hechos, que sólo nos son dados parcialmente o de limitar tanto como sea posible nuestra previsión en los casos que se ofrecerán en el porvenir.

Los hechos *no son forzados* a seguir nuestros pensamientos; pero nuestros pensamientos, nuestras *previsiones*, se dirigen según otros pensamientos, especialmente según los conceptos que nos hemos formado sobre los hechos. La previsión instintiva de un hecho tiene mucha latitud. Pero supongamos que un hecho corresponde exactamente a nuestras ideas, a nuestros conceptos simples, entonces nuestra previsión, conforme a nuestras ideas, será también exactamente determinada. Una proposición científ-

fica nunca tiene más que el sentido *hipotético* siguiente: Si el hecho A corresponde exactamente a los conceptos M, la consecuencia B corresponde exactamente a los conceptos N; B corresponde *tan exactamente* a N como A a M.

En las ciencias, esto no pasa en la realidad sensible, es únicamente en la teoría que es necesario buscar la exactitud absoluta, la determinación unívoca absolutamente exacta de las consecuencias de una hipótesis. Todo el progreso tiende a moldear más y más estrechamente la teoría sobre la realidad. Cuando hemos observado, cuantitativamente la refracción en dos medios refringentes y deseamos prever el rayo refractado correspondiente a un rayo incidente determinado, es preciso dejar a nuestra previsión un cierto margen para la inexactitud de la observación y de la medida. Sólo cuando hemos establecido la ley de la refracción y elegido *un* valor del índice, *un solo* rayo refractado corresponderá a *un* rayo incidente.

A menudo se ha dicho cuán importante es establecer una distinción nítida entre conceptos y leyes por una parte, y hechos, por otra. El caso de Oersted (corriente y aguja en un plano) sería absolutamente simétrico, de acuerdo a las ideas admitidas antes de Oersted, y en realidad, ese caso se revela disimétrico. La luz polarizada circularmente, en muchas circunstancias se presenta como luz no polarizada. Únicamente un estudio preciso nos revela su "disimetría helicoidal" doble y nos fuerza a representar los hechos mediante nuevos conceptos, designándolos en forma *más completa*.

Cuando nuestras representaciones de la naturaleza están dominadas por conceptos que tenemos por suficientes y cuando en consecuencia, hemos tomado el hábito de prever una determinación unívoca, fácilmente llegamos a aplicar, hasta en sentido *negativo*, la noción de determinación unívoca. Si un cierto resultado, un movimiento, por ejemplo, no se encuentra determinado en forma unívoca, esperamos que ello no se produzca: por ejemplo,

prevemos que existe equilibrio en el caso de tres fuerzas iguales aplicadas en el mismo punto y formando entre sí ángulos de 120° . Si el principio de razón suficiente, aplicado en esta forma, no nos conduce a errores, podemos estar seguros de que *todas* las circunstancias que intervienen son *conocidas*.

Únicamente responde al ideal de la determinación unívoca, una teoría que represente en la forma *más simple y más exacta* de lo que puede hacerlo la observación, a los hechos observados, siempre complicados e influídos por múltiples circunstancias accesorias. Esta precisión de la teoría nos permite extraer mediante deducciones sucesivas de la misma especie, o por deducciones de especies diferentes combinadas entre sí, consecuencias lejanas cuyo acuerdo con esta teoría se encuentre asegurado. Lo más frecuentemente, a causa de la acumulación posible de los apartamientos, el acuerdo o el desacuerdo de la teoría con la experiencia nos muestra en forma mucho *más precisa* que la comparación de los principios con los hechos observados, si la teoría es exacta o si tiene necesidad de ser retocada. Piénsese en los principios fundamentales de la mecánica newtoniana y en las consecuencias astronómicas que de ella se deducen.

Las proposiciones de la teoría tienen formas *generales*, que a menudo se repiten. Estas formas llegan a ser comprensibles, si se las considera con relación a nuestra necesidad de determinación y especialmente de determinación unívoca. Todo gana en claridad y lucidez. Para el físico, algunas observaciones son suficientes. Las *diferencias* físicas determinan todo lo que sucede y en la porción de fenómenos que tenemos frente a nuestros ojos, lo que importa es la disminución de las diferencias. Cuando un gran número de diferencias de la misma especie actúan simultáneamente para determinar lo que sucede en un punto, es el *promedio* de estas diferencias lo que interviene. En estática, en dinámica, en calor, en electricidad,

etcétera, pueden aplicarse las ecuaciones de Laplace y de Poisson que expresan, la primera, que este promedio determinante tiene un valor nulo; la segunda, que tiene un valor cualquiera. Las diferencias, simétricas con respecto a un punto, determinan en este punto un proceso simétrico y en algunos casos particulares, de simetría múltiple, no se verifica nada. Las funciones conjugadas que representan las familias de curvas ortogonales, líneas de nivel y líneas de fuerza correspondientes, o líneas de nivel y líneas de corriente, etc., determinan en los casos en que son aplicables, una cierta *simetría* para lo que sucede en los *elementos infinitamente pequeños*. Un máximo o un mínimo en una multitud de posibilidades próximas siempre puede ser considerado como existente, gracias a las condiciones de simetría de cierta clase. Cuando a un ordenamiento se atribuye una pequeña modificación cualquiera, si las diferencias crecen o decrecen todas en el mismo sentido, siempre este ordenamiento presenta, bajo cierta relación, un máximo o un mínimo. En general, los casos de equilibrio son de esta especie y no solamente los casos de equilibrio mecánico y dinámico. En otro lugar se ha visto que para las leyes dinámicas (como el principio de la menor acción, etc.), que son expresadas bajo la forma de un teorema de máximo o de mínimo, no es el máximo o el mínimo lo que es importante, sino más bien la noción de la *determinación unívoca*.

Para el observador, las leyes naturales no son más que prescripciones puramente subjetivas a las cuales la realidad no está sujeta, ¿por ello carecen de valor? De ninguna manera, pues si nuestra previsión no corresponde a la realidad sensible más que dentro de ciertos límites, sin embargo, a menudo ha revelado ser exacta y día a día se muestra más exacta. Adoptando el postulado de la regularidad de los fenómenos naturales, no hemos pues cometido un yerro, aún cuando este postulado *no se hubiese verificado jamás* en forma absoluta en el espacio

y el tiempo ilimitados, puesto que la experiencia es inagotable y siempre quedará como un *ideal*, como todo expediente científico. Por otra parte, este postulado consiste en suponer que existen ciertas irregularidades, sin afirmar nada sobre su *naturaleza*. En los casos en que nuestra previsión estuviera equivocada, siempre podríamos buscar *nuevas* regularidades en lugar de aquellas que primeramente habíamos previsto.

Si, a la manera del sabio, no se ve en el hombre, considerado desde el punto de vista psíquico, un *extraño* aislado frente a la naturaleza, sino que se ve en él a una parte de la naturaleza, si se considera el mundo físico sensible y el mundo de las ideas como formando *un todo inseparable*, no causará admiración que el todo no puede ser agotado por la parte, pero las reglas encontradas en la parte permitirán conjeturar las reglas del todo. Como se logra explicar en un dominio restringido un hecho por otro, hay motivo de esperar que los dos dominios de lo físico y de lo psíquico se aclaren recíprocamente y poco a poco. Para ello, sólo se trata de poner en un acuerdo de *detalle*, más firme de lo que hasta ahora se ha hecho, los resultados de la observación física y de la observación psicológica. Nadie duda más de la relación entre estos dos órdenes de cosas. No puede pensarse más en dos mundos que serían independientes uno del otro o que sólo estarían vinculados por una unión muy débil. La unión de estos dos mundos con un *tercer mundo desconocido* (!) no tiene, por otra parte, absolutamente ningún sentido como explicación. Esperemos que tales explicaciones hayan perdido para siempre todo crédito.

Se comprende perfectamente cómo han podido formarse las vistas en cuestión. Por analogía, el hombre descubrió que existen otros seres vivos, animales y hombres semejantes a él, y comportándose como él; debió reconocer claramente que para juzgar su conducta, estaba obligado a tener en cuenta las circunstancias que no podía perci-

bir inmediatamente con los sentidos, pero que conocía por su propia experiencia de circunstancias análogas. Entonces, de buen o mal grado, le fué necesario separar los fenómenos en dos clases: por una parte, aquellos que eran perceptibles para *todos* los hombres; por otra, aquellos que sólo son perceptibles por *uno solo*. Esto era para él, la solución más simple y simultáneamente, la más útil prácticamente. *Al mismo tiempo* tuvo nítidamente la noción del Yo ajeno y de su propio Yo. Estas dos nociones son inseparables. Aquel que, por un azar cualquiera, creciese sin tener un compañero vivo, tendría dificultad para distinguir de las sensaciones sus representaciones incompletas, no llegando a la noción del Yo y no opondría el Yo al mundo. Todo lo que sucedería sólo sería para él una sola cosa. Pero desde que hemos captado la noción del Yo, fácilmente logramos formar las abstracciones de lo *físico* y de lo *psíquico*, la sensación personal y la sensación ajena, la representación personal y la representación ajena.

Para una orientación comprensiva, son necesarios *los dos* puntos de vista, *los dos* deben ser empleados. Uno nos conduce al examen de detalle, el otro nos impide perder la mirada de conjunto.

Estando el mundo separado y dividido por las abstracciones, sus fragmentos parecen tan vaporosos y tan poco consistentes, que puede llegarse a dudar de sí, reuniendo los fragmentos, se encontrará al mundo. A este respecto, se pregunta con humor e ironía si una sensación o si una representación que no pertenezcan a ningún Yo, podría *enteramente sola* extenderse en el mundo. Cuando los matemáticos hubiesen puesto el mundo en diferenciales, también tendrían un poco de ansiedad, pues no sabrían si podrían encontrar intacto al mundo integrando estas *nadas*. Respondo a esta cuestión: ciertamente una sensación no se presenta sino en un conjunto, pero pongo en duda que este conjunto sea siempre un Yo completo,

alerta, humano —existe también en el sueño una conciencia, una conciencia hipnótica, una conciencia extática, una conciencia animal en grados diferentes.

Un cuerpo, y hasta el más burdo que conocemos, por ejemplo, un trozo de plomo, pertenece siempre a un conjunto y finalmente al mundo: no existe nada aislado. El físico debe considerar libremente al mundo material que analiza para la investigación científica y que divide en partes, sin olvidar por eso los vínculos de estas partes con el conjunto; igualmente, el psicólogo debe cuidar esa libertad si quiere arribar a algo. Puede responderse como el cínico Démonax: lo mismo que cualquier otra cosa, la sensación no existe aisladamente.

Instrospectivamente, encuentro que mi Yo se reduce al conjunto del contenido *concreto* de mi conciencia. Si, de tiempo en tiempo, creo percibir más alguna cosa que otra, esta alguna cosa podrá reducirse a esto: la noción abstracta de mi propio Yo está estrechamente ligada a las de los Yo ajenos y la de la *diferencia* de estos dos Yo saber que el Yo no se comporta como *indiferente* frente a su contenido. Pregúntese en seguida si estas nociones *abstractas* ocultan y *cubren* otra cosa que el contenido concreto de la conciencia y sobre todo, si se habría podido adquirirlas por introspección *pura*. Casi *todo* está todavía por investigarse en cuanto al soporte físico-fisiológico del Yo. De ninguna manera este soporte es un nada al lado del contenido actualmente vivo de la conciencia, que nunca representa más que una mínima parte de su riqueza.

También la tradición de que existen barreras infranqueables entre el Yo y el mundo, como entre los distintos Yo, es psicológicamente comprensible. Si experimento alguna cosa o si me represento alguna cosa, ello no me parece tener ninguna influencia sobre mi Yo, ni sobre los otros Yo, pero esto no es sino una apariencia. Ya el juego mudo de mis músculos pertenecen al mundo y a todo observador atento para observarlo.

Todavía lo es más, cuando mis ideas se expresan en palabras y en acciones. Si una *persona* se azul y si *otra persona* ve una bola, de ninguna manera puede resultar el juicio: la bola es azul. Falta aquí "la unidad sintética de la apercepción", hermosa palabra con la cual se designa este hecho banal. Para que accione, es preciso que estas dos representaciones vengán a tocarse, exactamente como los cuerpos en física. Tales expresiones no resuelven un problema, sino que más bien son propias para ocultarlo o disfrazarlo. El Yo no es un vaso donde es suficiente poner el azul y la bola para que resulte un juicio. El Yo es algo más que una pura unidad y ya no es enteramente una *simplicidad* según Herbarth. Para que un juicio sea posible, es necesario que los elementos del espacio que constituyen la bola, sean azules y es también necesario que el azul sea reconocido como diferente y separable de los elementos del espacio. El Yo es un organismo psíquico al cual corresponde un organismo físico. Se tiene dificultad en creer que el Yo debe permanecer eternamente como un *problema*, que los esfuerzos *combinados* de la psicología y de la fisiología jamás podrán dilucidar. La introspección sola, sin la ayuda de la física, jamás habría conducido al análisis de las sensaciones. Por una parte, los filósofos exageran la importancia del análisis introspectivo; por otra, los psiquiatras, no menos frecuentemente, exageran la importancia del análisis fisiológico, mientras que es necesario asociar *los dos métodos* si se quiere arribar a fecundos resultados. En los investigadores de estos dos grupos parece existir todavía el viejo prejuicio, que proviene de la civilización primitiva, según el cual lo físico y lo psíquico no tienen absolutamente una medida común. Provisoriamente, puede preverse hasta donde conducirá la investigación dirigida en el sentido aquí indicado.

Si el Yo no es una mónada aislada del mundo, si es una parte del mundo y si está sumergido en su corriente,

si ha surgido y está presto a difundirse nuevamente, debemos estar inclinados a considerar el mundo como alguna cosa conocible. Nosotros mismos estamos bastante *cerca* de nosotros y somos *parientes* demasiado *próximos* de las otras partes del mundo como para osar esperar una ciencia real.

La ciencia aparece como la más superflua de las ramas laterales surgidas del desarrollo biológico y del progreso de la civilización. Pero, desde el punto de vista del adelanto en que actualmente se encuentra, constituye indudablemente el factor más importante desde el punto de vista de la biología y de la civilización. Ha emprendido la tarea de reemplazar la adaptación vacilante e inconsciente por la adaptación *metódica*, más rápida y netamente *consciente*. El llorado físico Reitlinger tenía la costumbre de responder a las objeciones *peyimistas*: "Cuando el hombre apareció en la naturaleza, le fueron dadas las condiciones de la existencia, pero las condiciones de su bienestar no lo estaban todavía". El hombre debió realizar por sí mismo las condiciones de su bienestar, y creo que ya las ha creado. Actualmente, esto es verdad por lo menos para las condiciones de bienestar material, pero desgraciadamente, sólo para *una parte* de los hombres. Podemos esperar que el porvenir sea mejor. Sir John Lubbock expresa la esperanza de "que los beneficios de la civilización alcanzarán no solamente a otros países y a otros pueblos, sino también que en nuestro país, se distribuirán poco a poco en forma *general y regular*, de manera que no se ha de ver más a los campesinos, como en nuestra sociedad, llevar una vida miserable; actualmente ellos están siempre como los salvajes, desconociendo las ventajas y los goces simples que adornan la vida de las razas inferiores y no sabiendo procurarse los placeres más elevados y más nobles que están al alcance de los hombres civilizados". Pensemos en los tormentos que han debido sufrir nuestros antepasados

por la brutalidad de sus instituciones sociales, jurídicas y judiciales, de su superstición, de su fanatismo; valoremos la rica herencia del presente en ese sentido y figuremos lo que todavía podrá llegar a nuestros sucesores: he ahí, para nosotros, un motivo suficientemente potente para colaborar ardiente e intensamente, por medio de nuestras vistas psicológicas y sociológicas, a la realización de un ideal de orden *moral* del mundo. Y si llegamos a crear tal orden moral, nadie nos dirá más que éste no existe en el mundo y nadie tendrá necesidad de buscarlo en las alturas o en místicas profundidades.

FIN



ÍNDICE

	pág.
Ernst Mach	7
Prefacio	11

CAPÍTULO PRIMERO CIENCIA Y FILOSOFÍA

El papel de la inteligencia en la vida. — El filósofo y el sabio. — Lo <i>Físico</i> y lo <i>Psíquico</i> . — Las relaciones mutuas de los elementos de nuestras sensaciones. — El método de las variaciones. — La observación y la experimentación. — En la vida corriente se encuentra el principio de los métodos científicos	15
--	----

CAPÍTULO II ESTUDIO PSICO-FISIOLÓGICO

Sensaciones y representaciones. — Los actos voluntarios y el automatismo	31
--	----

CAPÍTULO III MEMORIA, REPRODUCCIÓN, ASOCIACIÓN

Importancia biológica de la <i>asociación</i> para los animales y para el hombre. — El principio de simultaneidad. — La reflexión. — Como resolvemos un problema matemático. — La memoria y las amnesias	41
--	----

CAPÍTULO IV REFLEJO, INSTINTO, VOLUNTAD, YO

La rana sin cerebro. — El geotropismo y el heliotropismo. — La planta y el animal. — El desarrollo de los reflejos en el niño. — El movimiento voluntario es un movimiento reflejo influenciado por el recuerdo. — La atención. — La voluntad y la abulia. — El yo y las enfermedades de la personalidad	56
--	----

CAPÍTULO V

EL DESARROLLO DEL INDIVIDUO EN LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD

La psicología comparada en el animal y en el hombre.—Las diferencias entre el hombre y el animal desde el punto de vista psíquico son cuantitativas y no cualitativas.—Los progresos de la civilización.—La lectura y la escritura.—La Ciencia y el Arte 71

CAPÍTULO VI

LA EXUBERANCIA DE LAS IDEAS

Peligro de las supersticiones.—El sueño y el estado de vigilia.—Las ideas sobre la vida futura.—La moral regulada por las relaciones de la vida presente y basada en hechos reales 85

CAPÍTULO VII

VERDAD Y ERROR

El curso de las ideas debe adaptarse tan exactamente como sea posible a los fenómenos de la vida.—Los juicios.—La verdad y el error tienen las mismas fuentes psíquicas: únicamente el éxito permite separar una de otro.—La física del salvaje.—La magia blanca.—Los errores judiciales 95

CAPÍTULO VIII

EL CONCEPTO

Los conceptos rudimentarios en el animal.—Los conceptos en los hombres de distintas profesiones.—La abstracción.—Papel de la abstracción en la ciencia.—El principio de inercia.—La dispersión de la luz.—Las ideas de Stallo .. 110

CAPÍTULO IX

SENSACIÓN, INTUICIÓN IMAGINACIÓN

Sensaciones y conceptos.—Los órganos de los sentidos.—La intuición: tipo visual y tipo auditivo.—La imaginación.—La imaginación del niño.—La imaginación del sabio.—Las alucinaciones.—La imaginación del artista 126

CAPÍTULO X

ADAPTACIÓN DE LOS PENSAMIENTOS A LOS HECHOS Y DE LOS PENSAMIENTOS ENTRE SÍ

La observación y la teoría.—Los sofistas.—La escolástica.—Los problemas del *Thaumaturgus mathematicus*.—El principio de inercia.—La mecánica de Newton.—Las teorías del calor.—El ordenamiento económico de los pensamientos .. 141

CAPÍTULO XI

LA EXPERIMENTACIÓN MENTAL

Condición previa de la experimentación física, la experimentación mental sólo es posible en aquel que ya ha adquirido experiencia.—Como la experimentación física, recurre al método de las variaciones en algunos casos, puede ser decisiva por sí sola.—El papel de las paradojas.—La experimentación mental en matemática 159

CAPÍTULO XII

LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA Y SUS GUÍAS

La relación cuantitativa es un caso particular más simple de la relación cualitativa.—El método de la suma de los efectos.—El método de compensación.—Los métodos a cero.—Las experiencias colectivas.—Los fenómenos inversos 171

CAPÍTULO XIII

LA SIMILITUD Y LA ANALOGÍA, CAUSAS DIRECTORAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

La similitud es una identidad parcial; la analogía, una similitud de orden abstracto.—El principio de continuidad.—La analogía en Matemática y en Física.—Las ideas de Maxwell 183

CAPÍTULO XIV

LA HIPÓTESIS

La hipótesis en estado rudimentario en el animal y en el hombre debe ser aproximada a la hipótesis científica.—La hipótesis en Matemáticas.—La hipótesis en Física.—La hipótesis en Newton.—Las hipótesis en Óptica 191

CAPÍTULO XV

EL PROBLEMA

El problema nace del desacuerdo entre los pensamientos y los hechos o del desacuerdo de los pensamientos entre sí.—El método sintético, el método analítico y el método de reducción al absurdo.—Hay gran ventaja en apartar ciertos problemas.—La imposibilidad del movimiento continuo 203

CAPÍTULO XVI

LA RELACIÓN DE CAUSA A EFECTO Y LA NOCIÓN DE FUNCIÓN

La relación de causa a efecto es superficial e incompleta; carece de precisión.—Conviene reemplazarla por la noción de función.—Determinismo e indeterminismo 217

CAPÍTULO XVII

EJEMPLOS DE INVESTIGACIONES EN LAS CIENCIAS

El desarrollo de la Astronomía.—Los fenómenos eléctricos y magnéticos.—El ozono.—El descubrimiento de Daguerre.—El geotropismo de las plantas.—La generación espontánea.—La solidaridad de las ciencias 224

CAPÍTULO XVIII

PSICOLOGÍA DE LA DEDUCCIÓN Y DE LA INDUCCIÓN

El silogismo y la inducción no aumentan nuestros conocimientos; sólo pueden ordenarlos.—La inducción completa y la inducción incompleta.—El nombre de ciencias inductivas.—Es por la observación que se extienden nuestros conocimientos 240

CAPÍTULO XIX

NÚMERO Y MEDIDA

Las ventajas de la investigación cuantitativa.—Las necesidades biológicas conducen al concepto de número.—El principio de clasificación.—Los números enteros positivos y negativos.—Los imaginarios.—La igualdad de dos magnitudes físicas.—La medida.—En física, siempre es necesario asegurarse que la yuxtaposición de magnitudes de la misma especie corresponda a una adición real 250

CAPÍTULO XX

EL ESPACIO FISIOLÓGICO Y EL ESPACIO GEOMÉTRICO

El espacio euclideo es isótropo y homogéneo, mientras que el espacio visual y el espacio táctil son anisótropos y no homogéneos.—No encontramos en el organismo la noción de espacio más que donde nos es biológicamente útil.—La impresión sensorial y la impresión orgánica.—Porque no somos sorprendidos por las divergencias entre el espacio geométrico y el espacio fisiológico 261

CAPÍTULO XXI

EL TIEMPO FISIOLÓGICO Y EL TIEMPO FÍSICO

El papel biológico de la sensación de tiempo.—En la impresión orgánica hay una parte que depende del tiempo y una parte que es independiente.—Los fenómenos de la vida presentan un carácter de periodicidad, que no tiene nada de sorprendente si la vida es un equilibrio dinámico entre la asimilación y la desasimilación.—Oscilaciones de la atención.—La medida del tiempo en Física 271

CAPÍTULO XXII

EL TIEMPO Y EL ESPACIO EN FÍSICA

Las relaciones físicas inmediatas más simples se expresan por relaciones de tiempo.—Las relaciones físicas indirectas se expresan por relaciones de espacio.—La evolución de las ideas sobre la vida 279

CAPÍTULO XXIII

SENTIDO Y VALOR DE LAS LEYES CIENTÍFICAS

Las leyes científicas son restricciones que prescribimos a nuestra previsión de los fenómenos.—La simplicidad de las leyes naturales.—La determinación unívoca.—El papel de la Ciencia en la civilización 293