

go, todo lo que dice con palabras «vagas» no deja duda alguna de que tanto «duración» como «acontecimiento», tal como se conciben por Whitehead, son conceptos rodeados por penumbras dialécticas, en el sentido que les hemos dado aquí⁴⁶. Aun cuando menos inequívocamente, la misma conclusión surge de los escritos de Bergson: «Lo que está dado, lo que es real, es algo intermedio entre la extensión dividida [el intervalo de tiempo] y la pura inextensión [el instante]»⁴⁷.

En resumidas cuentas, la postura de Whitehead y de Bergson es que el Tiempo se llena con acontecimientos que perduran y se superponen en sucesión dialéctica. Por encima de todo, el Tiempo no es una secuencia, aunque densa, de instantes sin duración representables a través de números. La razón por la que este esquema simplista ejerce, sin embargo, tan gran fascinación incluso sobre ciertos filósofos profesionales reside en que todos tenemos tendencia a pensar en términos de instantes antes que en duración en todo cuanto se refiere al Tiempo. Ya sea como físicos en un laboratorio o como personas normales que se dedican a sus asuntos particulares, estamos básicamente preocupados por coincidencias: las coincidencias de la manecilla de un reloj con uno de los puntos de la esfera. «Son las tres y media, y no ha aparecido todavía» o «Justo cuando me iba sonó el teléfono» son frases típicas de nuestra forma de reparar en el Tiempo. Rara vez prestamos conscientemente atención al flujo del Tiempo e, incluso aunque lo hagamos, las más de las veces volvemos a hacer referencia a coincidencias.

Cuando observamos el movimiento, enfocamos también nuestra atención en coincidencias, en el paso de un cuerpo móvil a través de algún lugar, o en otras semejantes. Y, como observa Bergson, imaginamos así que el cuerpo móvil «podría pararse ahí; e, incluso cuando no se para ahí, [nos] inclinamos a considerar su paso como una detención, si bien infinitamente breve, ya que [nosotros] debemos tener al menos tiempo para pensar en ello»⁴⁸. Este es el mecanismo por el que recibimos la ilusión —contra la que Zenón apuntó sus paradojas— de que el movimiento consiste en una secuencia (densa, claro está) de restos. No es preciso añadir nada para sacar a la superficie toda la incongruencia de la postura completamente equivalente de que el Tiempo no es sino una densa secuencia de instantes sin duración.

⁴⁶ Véase las siguientes obras de Whitehead: «Time, Space, and Material», p. 51; *Enquiry*, p. 4 y *passim*; *Concepts of Nature*, pp. 55, 59, 72 y s. y 75; *Process and Reality: An Essay in Cosmology* (Nueva York, 1929), p. 491; *Science and the Modern World* (Nueva York, 1939), pp. 151 y 183 y ss.

⁴⁷ Henri Bergson, *Matter and Memory* (Londres, 1913), p. 326 y *passim*. Esta característica dialéctica del tiempo está admirablemente expresada por F. H. Bradley, *Appearance and Reality* (2.ª edición, Oxford, 1930), p. 52: «El Tiempo... debe hacerse, pero con todo no puede hacerse de piezas [discretamente diferenciadas]».

⁴⁸ Bergson, *Matter and Memory*, p. 247.

Un filósofo tendría que saber algo más para poder considerar que la postura de Bergson-Whitehead está refutada por el hecho indiscutible de que la cinemática puede funcionar con un tiempo aritmético⁴⁹. Ciertamente, todo lo que las ciencias físicas precisan la mayor parte del tiempo son coincidencias, indicaciones horarias. Igualmente, un físico puede afirmar perfectamente que $s = vt$ es la notación abreviada de $\Delta s = v \Delta t$, pero incluso en la física clásica esta explicación no es siempre válida: un ejemplo lo proporciona el fenómeno de la presión atmosférica⁵⁰. Desde su autorizado conocimiento de la microfísica, Broglie afirma que si la crítica del tiempo por su duración y del movimiento inmóvil de Bergson peca de algo «es más bien por un exceso de prudencia»⁵¹. Se refiere al Principio de Indeterminación, de Heisenberg, de acuerdo con el cual los errores de observación, Δx y Δp , de la posición y del momento de una partícula están sujetos a la desigualdad $\Delta x \times \Delta p \geq h$ (donde h es la constante de Planck). Por lo tanto, «si se intenta localizar a una partícula en algún punto del espacio a través de la medida o de la observación, se obtendrá exclusivamente su situación y no se tendrá conocimiento alguno sobre su movimiento»⁵². En realidad, lo que distingue a la física moderna de la clásica son los desarrollos que van contra la noción de un acontecimiento en un instante de tiempo y que tiene lugar en un punto del espacio sin dimensión. Anteriormente, mencioné la crisis originada por una reducción de las partículas elementales a puntos. Igualmente instructivo es el hecho de que los fenómenos cuánticos más allá de ciertos límites de pequeñez (10^{-13} cm para la distancia y 10^{-15} segundos para el tiempo) presentan aspectos tan desconcertantes que podemos considerar con seguridad que las propias nociones de Espacio y Tiempo van desapareciendo según intentamos empujar a límites sin dimensión nuestra extrapolación de objetos y acontecimientos⁵³.

En lo que se refiere a la oposición entre Cambio y estructura aritmética, la postura de Whitehead es esencialmente la misma que la de Hegel. Es posible que Hegel no haya expresado su pensamiento sobre la materia con más claridad que en el siguiente pasaje: «Número es precisa-

⁴⁹ A. Grünbaum, «Are "Infinity Machines" Paradoxical?», *Science*, 26 de enero de 1968, p. 398, comete también otra indiscreción: sin citar un solo texto en su apoyo, atribuye a Whitehead la idea de que las duraciones se suceden una a otra no en continuidad dialéctica sino «en forma de secuencia discreta».

⁵⁰ Whitehead, *Enquiry*, pp. 2 y s.

⁵¹ Louis de Broglie, *Physique et microphysique*, pp. 201 y s.

⁵² *Ibid.*, p. 201 (las traducciones son mías). También, Louis de Broglie, *New Perspectives in Physics* (Nueva York, 1962), p. 9. En la primera edición del presente ensayo, utilicé «Principio de Indeterminación» en lugar del consagrado «Principio de Incertidumbre», no porque esperase pegar nuevas etiquetas en viejas botellas (práctica que está muy alejada de mi concepción de científico) sino debido a que creía que para un no especialista la primera expresión describe mejor el significado de la ley de Heisenberg. Después he descubierto que también algunos físicos consideraron más apropiado el mismo término. Véase David Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics*, p. 85n.

⁵³ Véase Bohm, *ibid.*, pp. 105 y 155.

mente esa característica totalmente inactiva, inerte e indiferente en la que se extingue cada movimiento y proceso relacional»⁵⁴. Se ha criticado generalmente a esta afirmación calificándola de oscurantismo y anticientifismo hegelianos. Sin embargo, como ya he indicado, Hegel no intentó demostrar nada más que Whitehead, quien mantenía que ninguna ciencia puede «reclamar estar basada en la observación» si insiste en que los hechos fundamentales de la Naturaleza «han de basarse en instantes de tiempo sin duración»⁵⁵. Whitehead únicamente se benefició de un conocimiento en matemáticas y en las ciencias de la Naturaleza mucho mayor de lo que era en tiempos de Hegel.

5. *Una solución lógica.* Incluso aunque la responsabilidad de la prueba recaiga en quien afirme el carácter funcional de una idea, ninguno de los que afirman que el Cambio puede describirse completamente a través de conceptos aritmomórficos parece haber demostrado cómo puede hacerse eso en todos los casos. (Señalar sólo a la física sería evidentemente insuficiente, incluso aunque la física fuese un modelo de perfección a ese respecto). Que yo sepa, existe solamente una excepción que precisamente por ello es la más instructiva. En una *oeuvre de jeunesse*, Bertrand Russell afirmó que todo cambio cualitativo puede representarse como relación entre una variable tiempo y el *verdadero valor* de un conjunto de proposiciones «relativas a la *misma* entidad»⁵⁶. La afirmación plantea diversas cuestiones⁵⁷.

Posiblemente debiéramos preguntar qué significa «*mismo*» en semejante estructura cambiante y compleja; sin embargo, parece oportuno dejar de lado esta cuestión durante algún tiempo. En consecuencia, supongamos que E denota «la misma entidad». Considerando el caso más simple posible de un cambio continuo, lo que Russell quiere decir además es que, (1) para cada valor de la variable tiempo, t , hay una proposición « E es $A(t)$ » que es cierta, y (2) esta misma proposición es falsa para cualquier otro valor de la variable tiempo. Evidentemente, el conjunto de todas las proposiciones « E es $A(t)$ » y, por tanto, el conjunto $[A(t)]$ tienen el poder de lo continuo. Se presentan ahora dos alternativas.

En primer lugar, $[A(t)]$ representa una variedad de cualidad *cuantificada*. En este caso, $A(t)$ es un número y la solución de Russell no es mejor ni peor que la representación matemática de locomoción. Sin embargo, su carácter funcional se limita al campo de las cualidades mensurables.

⁵⁴ G. W. F. Hegel, *The Phenomenology of Mind* (2.ª edición, Nueva York, 1931), p. 317.

⁵⁵ Whitehead, *Enquiry*, p. 2, y *Concept of Nature*, p. 57.

⁵⁶ Bertrand Russell, *Principles of Mathematics*, p. 469. Las cursivas son mías.

⁵⁷ Una famosa crítica de la idea de Russell es la de J. M. E. McTaggart, *The Nature of Existence* (2 volúmenes, Cambridge, Ingl., 1927), II, cap. xxxiii, basada en que el tiempo, por su parte, no es real (véase el Capítulo V, Sección 5, posterior). Mis propias objeciones, que indico a continuación, siguen una dirección diferente.

La segunda alternativa, sobre la que gira la cuestión, consiste en el caso en que $A(t_1)$ y $A(t_2)$, para $t_1 \neq t_2$, representan dos cualidades puras distintas, como, por ejemplo, «feudalismo» y «capitalismo». En este caso, la solución de Russell es puramente formal, mejor dicho, vacua. Teóricamente, podemos escribir con facilidad que E es $A(t)$ en el momento de tiempo t , pero si $A(t)$ es una cualidad pura debe definirse con independencia de que sea un atributo de E en t . Evidentemente, decir que el 1 de enero de 1963 el sistema económico de los Estados Unidos es «el sistema económico de los Estados Unidos el 1 de enero de 1963» es la quintaesencia de la hueca palabrería. Lo que necesitamos es una proposición en la que $A(t)$ se sustituya, por ejemplo, por «libre empresa bajo vigilancia pública». Si $A(t)$ es una cualidad pura, esto es, no puede representarse por un número, la representación del cambio continuo por el esquema de Russell tropieza contra un obstáculo más elemental: todo vocabulario es un conjunto finito de símbolos. Tenemos que garantizar, a lo sumo, que la estructura idiomática sea la de una infinidad capaz de ser contada, pero en manera alguna debe tener la potencia de lo continuo. Por todo ello, la propuesta de Russell se derrumba antes de que podamos plantear ninguna cuestión del tipo que un filósofo logístico rechazaría por «metafísica».

6. *¿Qué es identidad?* Existen verdaderamente otros problemas que no pueden concretarse por medio del sencillo ejemplo que he utilizado en la discusión precedente. El caso más importante de cambio cualitativo es aquel en el que para todo valor de t existe más de una proposición verdadera referente a E . Para aludir al ejemplo más sencillo, el esquema de Russell nos dice exclusivamente lo siguiente: dado $t \neq t'$, existe un par de proposiciones, « E es A » y « E es B », verdadero en t y falso en t' , y otro par, « E es C » y « E es D », verdadero en t' y falso en t . Nada se dice acerca de si los pares están *ordenados* o no. Ahora bien, sin la condición de que estén ordenados, el esquema es inadecuado incluso para describir un cambio cuantitativo, pues ¿qué sería de cualquier ley física si el observador fuese incapaz de discernir qué miembro de cada par, (A, B) y (C, D) , representa, por ejemplo, la presión de un gas y cuál la temperatura? Ordenar cada par utilizando el Axioma de la Elección no serviría de nada, incluso aunque considerásemos que el axioma está perfectamente legitimado. En consecuencia, si el esquema ha de ser operativo, debe incluir desde un principio la condición de que un miembro de cada par, como (A, B) , pertenezca a un conjunto $[P_1(t)]$, y el otro miembro a otro conjunto $[P_2(t)]$. Naturalmente, esta información adicional corresponde al hecho de que el observador debe conocer de antemano si los dos atributos observados en dos momentos diferentes pertenecen o no a la *misma* serie cualitativa. Así pues, un esquema Russelliano operativo requiere el concepto de *identidad* no sólo con respecto a E sino también en relación a cada atributo. Para establecer la *identidad* de atributo, precisamos saber qué es «la *misma* cualidad». Por

tanto, el ejercicio russelliano de lógica formal no elimina en absoluto lo postulado por la intuición; por el contrario, un análisis más concienzudo permite ver que no puede funcionar sin lo que pretende destruir.⁵⁸

Posiblemente nada ilustre más acertadamente los asombrosos problemas planteados por la «identidad» que una de las observaciones de Bridgman. Gracias al descubrimiento de la relatividad en la física, es perfectamente posible que dos observadores que viajen a través del espacio en diferentes direcciones puedan registrar como dos hechos diferentes una misma señal procedente de una tercera fuente. Así, por ejemplo, un observador puede ver «un destello de luz amarilla», en tanto que el otro puede experimentar únicamente «una sensación de calor en un dedo». ¿Cómo pueden entonces estar seguros de haber relatado el mismo acontecimiento, dado que no pueden volver a la simultaneidad en ausencia del tiempo absoluto?⁵⁹ El razonamiento de Bridgman es que hasta la física de la relatividad presupone la identidad en cierto sentido absoluto, aunque no pueda demostrar cómo podría establecerse. El resultado es que hemos de reconocer de una vez por todas que la identidad es un asunto interno de una sola mente, ya sea una individual u otra que abarque las de varios individuos. Parece que hemos ido demasiado lejos al creer que los fenómenos de la Naturaleza pueden reducirse exclusivamente a registros de señales y, consiguientemente, que la mente no desempeña ningún papel directo en el proceso de observación. Por el contrario, la mente es un *instrumento* de observación tan indispensable como cualquier dispositivo físico. Esta cuestión es de importancia capital para las ciencias sociales, por lo que volveré a referirme a ella más adelante.

Sobre el problema filosófico de la «identidad», únicamente se puede decir que es tan espinoso como antiguo. Cuán espinoso es puede ponerse de manifiesto con un breve resumen de las ideas de Whitehead sobre la cuestión. De acuerdo con Whitehead, comprendemos la Naturaleza en términos de objetos *uniformes* y acontecimientos *únicos*, siendo los primeros componentes de los últimos. «Los objetos son elementos de la Naturaleza que no pasan». Dado que son «intemporales», «pueden volver», de

modo que podemos decir «¡Hola, vuelven otra vez los obeliscos!». Los acontecimientos, por el contrario, una vez que pasan «han pasado y no pueden volver jamás». A lo sumo, hemos de admitir que un acontecimiento es *análogo* a cualquier otro.⁶⁰ No se puede dejar de tener la sensación de que esta perspectiva dualista está lejos de resolver el problema y que los «acontecimientos análogos» se encuentran entre sí en la misma relación que dos objetos a los que se reconoce como iguales. Además, sigue desconcertando la cuestión de si cualquier objeto, como los obeliscos, es verdaderamente intemporal como para que dentro de miles de años pudiéramos seguir diciendo que «vuelve otra vez». Y si pensamos en millones de años, tendríamos que poner en duda que el propio universo sea «intemporal». Por otro lado, al describir la Naturaleza estamos interesados tanto en objetos *uniformes* como en acontecimientos *análogos*; es decir, mantenidos dentro del sistema de Whitehead, sabemos que la ciencia se ocupa también de si podemos decir «vuelve otro "Rey de Inglaterra"» o «vuelve otra "coronación"». En realidad, la ciencia puede incluso prescindir de objetos, mas no de acontecimientos. El electrón, por ejemplo, «no puede identificarse, le falta "identidad"»⁶¹; consecuentemente, no podemos decir «vuelve otra vez el mismo electrón» sino sólo que «vuelve otro acontecimiento-electrón».

Pero, en ese caso, ¿por qué hemos de distinguir entre objeto, esto es, el ser, y acontecimiento, es decir, el devenir? Al final, verificamos lo que sabemos desde hace mucho tiempo, que el dualismo está repleto de dificultades. La única solución consiste en reconocer que la distinción entre objeto y acontecimiento no es discreta sino dialéctica, y probablemente ese es también el mensaje de Whitehead⁶². En cualquier caso, una posterior discusión de este punto nos involucraría demasiado profundamente en la dialéctica hegeliana pura.

7. ¿Cuántas son las cualidades? La existencia de la cualidad en el universo, tal como se contempla por el hombre, no plantearía problema alguno para la ciencia si el número de cualidades fuese finito. Hasta fecha muy reciente, los físicos podían permitirse ignorar el problema debido precisamente a que el número de partículas cualitativamente diferentes parecía ser finito, muy pequeño en realidad. Ahora bien, tras los últimos descubrimientos, no parece haber límite alguno al número de nuevas partículas, de modo que algunos físicos reconocen ya que «no hay otra solución sino considerar las consecuencias [para la orientación de la física] de la hipótesis

⁶⁰ Whitehead, *Concept of Nature*, pp. 35, 77 y s., 143 y s. y 169 y ss.; Whitehead, *Enquiry*, pp. 61 y ss. y 167 y s.

⁶¹ Schrödinger, *Science, Theory and Man*, p. 194; Bridgman, *Intelligent Individual and Society*, pp. 32 y s.; Louis de Broglie, *Continu et discontinu en physique moderne* (Paris, 1941), p. 75.

⁶² Véase Whitehead, *Concept of Nature*, pp. 166 y s.

⁵⁸ La falacia de creer que el arma de la pura lógica basta por sí sola para destruir toda criatura de la intuición no es en absoluto extraña. Un ejemplo de esa falacia se discute en el trabajo del autor, «The End of the Probability Syllogism?», *Philosophical Studies*, Febrero de 1954, pp. 31 y s. Un ejemplo adicional es la refutación de las leyes históricas en base a «razones estrictamente lógicas» (Karl R. Popper, *The Poverty of Historicism*, Boston, 1957, pp. ix-xi). La primera premisa de la argumentación popperiana, «el curso de la historia humana está fuertemente influenciado por el crecimiento del conocimiento humano», es sencillamente una ley histórica. Es decir, la conclusión de que un conjunto de proposiciones está vacío se deriva a partir de una proposición que pertenece al mismo conjunto! Hay que observar, no obstante, que en una nota a pie de página (*The Logic of Scientific Discovery*, Nueva York, 1959, p. 279n2) Popper sigue una línea más suavizada, un tanto agnóstica.

⁵⁹ Bridgman, *Nature of Physical Theory*, p. 77, y especialmente sus *Reflections of a Physicist* (2.ª edición, Nueva York, 1955), pp. 318 y ss.

de que el número de tales cualidades significativas no es limitado»⁶³. La infinidad cualitativa de la Naturaleza plantea (o reaviva), no obstante, un problema muy difícil. En mi primera discusión de la formalización ruse-lliana del cambio (Sección 5), he puesto de manifiesto que se ha llegado a un callejón sin salida como consecuencia de que las palabras no son tan numerosas como las cualidades puras; pero posiblemente podría aclararse esa situación empleando números en vez de palabras para designar las cualidades. Puede presentarse fácilmente un ejemplo de semejante catálogo *continuo*: cada uno de los colores del espectro *visual* puede identificarse por la longitud de onda del color puro equivalente. Como es casi superfluo añadir, tal catalogación no implica necesariamente la mensurabilidad de la serie de cualidades incluidas. Sin embargo, la cuestión de si es posible la catalogación constituye un requisito previo de la referente a la mensurabilidad, si bien por una u otra razón no se ha reconocido este aspecto hasta época muy reciente, al menos en la economía. Evidentemente, no existe razón alguna para que la potencia cardinal de todas las cualidades que podamos imaginar para los pares en una estructura simple no supere la del continuo aritmético. Por el contrario, como ya he afirmado con respecto a las expectativas y preferencias individuales⁶⁴, hay muchas y buenas razones en favor de la opinión de que los números reales no son siempre suficientes para catalogar un conjunto de cualidades. En otras palabras, la multiplicidad de nuestros pensamientos se diferencia del continuo aritmético no sólo por su continuidad indivisible sino también por su dimensionalidad⁶⁵. Como acostumbramos a decir en matemáticas, el continuo del sistema de números reales forma únicamente una infinidad *simple*.

La sugerencia, natural a estas alturas, de utilizar más de un número real —es decir, un vector— para designar cualidades tampoco reduciría la cualidad a un número, pues, como nos dice la teoría de conjuntos, cualesquiera que sean las coordenadas que se añadan ningún conjunto de vectores puede trascender la infinidad simple en su potencia. Existe una íntima relación entre esta proposición matemática y las conocidas dificultades de la clasificación biológica.

Fue a Linneo a quien primero se le ocurrió la idea de utilizar un nombre compuesto de dos palabras para cada especie, de modo que la primera palabra representase al género y la segunda a la especie dentro de ese género. En la actualidad, todos los naturalistas se muestran de acuerdo en que, pese a ser bidimensional, toda expresión taxonómica no abarca una forma aritmomórfica inmutable sino una penumbra dialéctica de formas. El hecho de que sigan empleando el sistema *binario* de

Linneo pone claramente de manifiesto que la multiplicidad de especies biológicas es en esencia más compleja que una infinidad lineal simple. Así pues, el problema de la clasificación biológica no es en absoluto equivalente a la que podría ejemplificarse a través de una catalogación continua de colores y, consecuentemente, las dificultades de los naturalistas no tendrían fin incluso aunque utilizaran un vector numérico para clasificar a las especies.

Uno tras otro, los naturalistas han comprendido de forma intuitiva que —como lo expresó Yves Delage— «hagamos lo que hagamos, nunca seremos capaces de tener en cuenta todas las afinidades existentes entre los seres vivos clasificándolos en clases, órdenes, familias, etc.»⁶⁶. Muchos han afirmado que ello se debe a que en el campo de los organismos vivos únicamente cuenta la *forma* y ésta es un concepto fluido que resiste cualquier intento de clasificación⁶⁷; otros han dicho sencillamente que la forma no puede identificarse a través de un número⁶⁸. Hasta Edmund Husserl, a pesar de haberse formado como matemático, creía que la cuestión era totalmente evidente: «La geometría más perfecta» —dice— no puede ayudar al estudioso a expresar en conceptos precisos «lo que expresa en palabras de modo tan claro, tan comprensible y tan enteramente adecuado: dentadas, lenticulares, umbelíferas y similares, conceptos simples que son *esencialmente y no accidentalmente inexactos y, por tanto*, también no matemáticos»⁶⁹. Con todo, una sencilla proposición de la teoría de los números cardinales justifica lo esencial de estas afirmaciones intuitivas; se trata de la proposición que afirma que el número cardinal inmediatamente superior que las matemáticas han sido capaces de construir tras el del continuo aritmético se encuentra representado por el conjunto de todas las funciones de una variable real, es decir, por un conjunto de formas. Es evidente entonces que *las formas no pueden numerarse*.

8. *Continuidad de las cualidades*. El peculiar carácter de la mayor parte de las estructuras cualitativas conduce a un tipo de dificultades bastante similar en lo que se refiere a su ordenamiento. La mejor manera de ilustrar esta dificultad es utilizando un ejemplo extraído de mi propia obra. Hace treinta años, cuando intentaba desenmarañar las diversas ideas que subyacen tanto a los primitivos como a los contemporáneos escritos sobre la utilidad y ordenarlos como «postulados» transparentes, me convencí de la ne-

⁶⁶ Citado en G. G. Simpson, «The Principles of Classification and a Classification of Mammals», *Bulletin of the American Museum of Natural History*, LXXXV (1945), p. 19 (he traducido al inglés las palabras de Delage).

⁶⁷ Por ejemplo, Theodosius Dobzhansky, *Evolution, Genetics, and Man* (Nueva York, 1955), cap. x, y especialmente la elocuente descripción de la p. 183.

⁶⁸ Por ejemplo, P. B. Medawar, *The Uniqueness of the Individual* (Nueva York, 1958), pp. 117 y ss.

⁶⁹ Edmund Husserl, *Ideas: General Introduction to Pure Phenomenology* (Nueva York, 1931), p. 208. Las cursivas son de Husserl.

⁶³ David Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics*, p. 134, también pp. 123 y 133-136.

⁶⁴ Véase «Choice, Expectations and Measurability» (1954), reimpresso en *AE*.

⁶⁵ No estoy completamente seguro de que esos dos aspectos no se reduzcan a uno solo.

cesidad lógica de establecer por encima de todo una cuestión relacionada con el Postulado A de uno de mis primeros trabajos⁷⁰. Ese postulado afirma que, dado un conjunto de preferencias $[C_{\alpha}]$ —donde α es un número real y $[C_{\alpha}]$ está ordenado por preferencias, de modo que C_{α} se prefiera a C_{β} si $\alpha > \beta$ — y no perteneciendo C a $[C_{\alpha}]$, existe un i tal que C y C_i son combinaciones indiferentes. En aquella época, el postulado me preocupaba; intuitivamente, me daba cuenta de que la precisión de la elección humana no puede compararse con la de un instrumento perfecto, pero era incapaz de construir un ejemplo *formal* que convenciese, tanto a mí mismo como a los pocos colegas con los que había discutido la cuestión, de que podía invalidarse el Postulado A. Lo más que hubiera podido hacer era introducir en la elección un factor estocástico—lo que creo era una idea bastante nueva—, pero con ello hubiera seguido sin resolver mis dudas o las de mis colegas sobre mi Postulado A.

Retrospectivamente, las objeciones de mis colegas y mi incapacidad—debida a mis deficientes conocimientos matemáticos— para responder a tales objeciones son altamente instructivas y oportunas. Mis críticos consideraban por regla general que el Postulado A era totalmente superfluo: unos afirmaban que es imposible pasar de la no preferencia a la preferencia sin alcanzar realmente un estado de indiferencia⁷¹ y otros sostenían que, dado que $[C_{\alpha}]$ es continuo, no hay lugar en él para otras cosas, ni siquiera para una sola. Un ejemplo que propuse como base de discusión era demasiado torpe para cualquiera de los implicados: un hipotético aficionado al vino que prefiere siempre más vino que menos, pero que en todo caso tiene una muy pequeña preferencia por el vino tinto, de modo que entre dos cantidades iguales de vino prefiere el tinto. Expresé con y y z_w las cantidades de vino tinto y blanco, respectivamente, pero cuando llegué a escribir $x_i > x_w$ induje a la objeción de que « x es x ». Hoy en día, la relación entre el ejemplo y la vieja noción de una jerarquía de necesidades puede parecer obvia, pero no fui capaz de clarificar mis propias ideas sobre la materia hasta mucho más tarde, después de haberme encontrado con una objeción planteada por un crítico a una de las proposiciones de Harold Jeffrey. Al tener entonces por vez primera noticia del ordenamiento lexicográfico, fui capaz de resolver mi problema⁷². Sin embargo, mis dificultades iniciales con el ejemplo del aficionado al vino tienen que ver con un aspecto que deseo resaltar ahora.

⁷⁰ Véase mis ensayos «The Pure Theory of Consumer's Behavior» (1936) y «Choice, Expectations and Measurability» (1954), reimprimos en *AE*.

⁷¹ A partir de nuevas discusiones, llegué al convencimiento de que hasta los matemáticos son capaces de plantear esa objeción.

⁷² «Choice, Expectations, and Measurability» (1954), reimpresso en *AE*. Es posible que este retraso de historia personal sea suficiente para poner de manifiesto lo indispensable que es para el estudio de la economía lograr una importante familiaridad con todas las ramas de las matemáticas.

Cualquiera de los conjuntos $[y_i]$ o $[z_w]$, tomado por sí mismo, es continuo en sentido matemático. Por consiguiente, no se comete un delirio grave si se considera, por ejemplo, que $[x_i]$ es la representación aritmomórfica del continuo de preferencias en el caso de que únicamente se disponga de vino tinto. Ahora bien, si se introduce en el esquema no sólo el vino tinto sino también el blanco, la representación aritmomórfica de las preferencias del aficionado al vino se hace repentinamente discontinua: en el ordenamiento lexicográfico correspondiente (con respecto al *subíndice*), no existe elemento alguno entre x_w y x_i , o bien, en cambio, x_i es el sucesor inmediato de x_w . Por otra parte, no hay razón por la que la propia preferencia tenga que ser discontinua debido a las variaciones cualitativas en el objeto de preferencia. Afirmar que la preferencia es discontinua como consecuencia de serlo su símil aritmomórfico equivale a negar la tridimensionalidad de los objetos materiales en base a que sus fotografías tienen sólo dos dimensiones. La cuestión estriba en que un símil aritmomórfico de un continuo cualitativo muestra juntas falsas debidas a la peculiar propiedad del medio elegido para representar a ese continuo. Cuanto más compleja sea la escala cualitativa así formalizada mayor será el número de tales juntas aritmomórficas, ya que la variedad de la cualidad es continua en un sentido que no puede reflejarse fielmente a través de una multiplicidad matemática.

9. *Crítica del aritmomorfismo.* Al igual que todas las ficciones, la del concepto aritmomórfico tiene sus rasgos positivos y negativos. Por una parte, ha acelerado el avance del conocimiento en el campo de la materia inerte y nos ha ayudado también a detectar numerosos errores en nuestro pensamiento, incluso en el matemático; gracias a la Lógica, y a las matemáticas en última instancia, el hombre ha sido capaz de liberarse de la mayor parte de las supersticiones animistas al interpretar las maravillas de la Naturaleza. Por otra parte, debido a que un concepto aritmomórfico no tiene absolutamente ninguna relación con la vida, con el *ánima*, hemos sido llevados a considerarlo como la única expresión razonable de conocimiento; debido a ello, a lo largo de los últimos doscientos años hemos dirigido todos nuestros esfuerzos a entronizar una superstición tan peligrosa como el animismo de los antiguos: la del Todopoderoso Concepto Aritmomórfico. En la actualidad, se correría el riesgo de ser excomulgado de la moderna *Academia* si se denunciase con demasiada fuerza esta moderna superstición. La disposición natural de nuestro siglo ha llegado así a ajustarse a uno de los adagios de Platón: «Quien nunca busca números en nada, nunca será buscado en el número de los hombres famosos»⁷³. Que esta actitud tiene también algunas desafortunadas consecuencias es evidente para todo aquel que quiera abandonar durante algún tiempo la supersti-

⁷³ Platón, *Philebus*, p. 17.

ción aritmomórfica: hoy en día hay pocos alicientes, si es que existe alguno, para estudiar el Cambio, a menos que se refiera a un atributo mensurable. Muy posiblemente, si Darwin hubiese nacido cien años después, la evolución hubiera seguido siendo un asunto en gran parte misterioso. Lo mismo puede aplicarse a Marx y, como mínimo, a su análisis de la sociedad; con su mente creativa, el Marx del siglo XX hubiera sido probablemente el mayor econométra de todos los tiempos.

A pesar de su carácter excepcional, las denuncias de la superstición aritmomórfica han procedido no solamente de anticuados o modernos hegelianos sino también últimamente de los sumos sacerdotes de la ciencia y en ocasiones incluso de exégetas del positivismo lógico. Entre los premios Nóbel, al menos P. W. Bridgman, Erwin Schrödinger y Werner Heisenberg nos han advertido que lo deficiente es el concepto aritmomórfico (indirectamente, la Lógica y las matemáticas), no nuestro conocimiento de los fenómenos de la Naturaleza⁷⁴. Ludwig Wittgenstein, un ejemplo altamente deslumbrante en este contexto, admite «el encantamiento de nuestro entendimiento por medio de nuestro lenguaje [rígidamente interpretado]»⁷⁵. La rigidez aritmomórfica de los términos y símbolos lógicos acaba estrechando nuestra mente. Casi podemos oír a Hegel hablando de «los restos mortales de la Lógica» y de «la batalla de la Razón... para romper la rigidez a la que el Entendimiento ha reducido todo»⁷⁶, pero hasta Hegel tiene sus precursores: mucho antes que él, Pascal había señalado que «el razonamiento no está hecho de *barbará y baralipitor*»⁷⁷. Sin embargo, el temple de una época es un fenómeno particularmente sólido que revela públicamente sólo lo que quiere y continúa sin que le perturbe en lo más mínimo la autocritica expresada por una minoría. En cierto sentido, eso es natural: en la medida en que hay mucho oro en polvo en los ríos, ¿por qué ha de perderse tiempo en talar madera para hacer galerías en minas de oro?

No puede haber duda alguna de que todas las argumentaciones contra la suficiencia de los conceptos aritmomórficos tienen sus raíces en ese «bloqueo de prejuicios no analizados a los que los kantianos denominan "intuición"»⁷⁸ y que, por consiguiente, no existirían sin él. Con todo, incluso los que, como Russell, desprecian la intuición como medio de justificar una ilusión filosófica, posiblemente no podrían comprender o pensar —o incluso argumentar contra el prejuicio kantiano— sin esa función no

analizada del intelecto. La tragedia de toda corriente del positivismo es que para razonar su argumentación tiene que apoyarse con fuerza en algo que, de acuerdo con su propia doctrina, es sólo una sombra. Como excelente ilustración de estos aspectos, puede utilizarse un popular tratado que pretende demostrar que si «ninguna experiencia sensorial posible» puede determinar la verdad o la falsedad de una proposición no tautológica, entonces ésta «es metafísica... ni verdadera ni falsa sino literalmente sin sentido»⁷⁹. Después de haber leído esta afirmación en la primera página del prefacio, uno no puede dejar de sorprenderse por la forma en la que el resto del libro la pretende sostener, siempre que la afirmación sea cierta, como pretende el autor. Por supuesto que la argumentación posterior no tiene relación alguna con la experiencia sensorial, exceptuada, naturalmente, la percepción visual de letras negras, mejor dicho, manchas sobre un fondo blanco.

Las frecuentes diatribas contra este o aquel concepto dialéctico específico adolecen del mismo defecto. Así, por ejemplo, Cornelius Muller predica la abolición del concepto de colectividad. El razonamiento es que, dado que «los diversos ejemplos existentes de una clase de colectividades no son idénticos y [puesto que] las clases contiguas de colectividades no se distinguen entre sí... la palabra no tiene sentido alguno»⁸⁰. Ahora bien, la argumentación es evidentemente suicida, pues el significado de la premisa se niega por su propia conclusión. A lo que parece, no hemos aprendido nada del legendario embustero cretense de la antigua escuela sofista.

Los defensores de enfoques como los acabados de mencionar —o este autor para el caso— no se tomarían la molestia de discutir los problemas de los conceptos dialécticos si creyésemos que tales problemas no tienen en absoluto que ver con la orientación científica. Por esta razón, no es sorprendente que Muller, quien afirma que no existen «entidades reales» —sea lo que sea lo que esto pueda significar— a no ser que podamos distinguir las del mismo modo en que distinguimos un isótopo de carbón de otro, inicie su ataque sobre «colectividad» preguntando «¿existe una teoría mecanicista que... se ajuste a la verdadera esencia de las colectividades?»⁸¹. La moraleja es obvia: las ciencias sociales y la biología deberían adherirse a la universalidad de la mecánica, es decir, a una posición retrógrada abandonada desde hace tiempo incluso por la física.

Por desgracia para todos los afectados, los fenómenos vitales no son tan simples como eso, pues no todos sus aspectos son tan diáfanos como un concepto aritmomórfico. Sin los conceptos dialécticos, las ciencias de

⁷⁹ A. J. Ayer, *Language, Truth and Logic* (2ª edición, Nueva York, 1946), p. 31.

⁸⁰ Cornelius H. Muller, «Science and Philosophy of the Community Concept», *American Scientist*, XLVI (1958), pp. 307 y s.

⁸¹ *Ibid.*, p. 298.

⁷⁴ Bridgman, *Logic of Modern Physics*, p. 62, y *Nature of Physical Theory*, p. 113; Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge, Ing., 1944), p. 1; Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science* (Nueva York, 1958), pp. 85 y ss.

⁷⁵ L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (Nueva York, 1953), I, p. 109. La traducción es mía.

⁷⁶ *The Logic of Hegel*, p. 67.

⁷⁷ Blas Pascal, «De l'esprit géométrique et de l'art de persuader», en *Oeuvres complètes*, edic. de J. Chevalier (París, 1954), p. 602.

⁷⁸ Russell, *Principles of Mathematics*, p. 260.

la Naturaleza no podrían realizar su tarea. Como ya he subrayado anteriormente, no hay modo alguno de definir «democracia» o «competencia», por ejemplo, de forma que se satisfaga el criterio de Muller de la entidad real. Lo máximo que podemos hacer en aras de una mayor precisión es distinguir especies dentro de cada género, como en biología: «democracia americana», «democracia británica», «competencia monopolista», «competencia práctica», etc. Hay que tener en cuenta que hasta la noción familiar y aparentemente simple de la lucha por la existencia tiene muchos matices de su significado que «se solapan entre sí»⁸² y, por tanto, es dialéctica. Por último, debemos observar que la única prueba de evolución es la relación dialéctica de las especies en su clasificación filogenética. Si algún día logramos construir un concepto aritmomórfico de las especies (o de algo equivalente), en ese momento la biología habrá regresado a los criterios prelamarkianos: las especies se crearon inmutables y por orden superior. Una especie, una colectividad idénticas a sí mismas, algo idéntico a sí mismo, no pueden justificar la evolución biológica o social: «la identidad a sí mismo no tiene vida alguna»⁸³. Más explícitamente, ningún proceso de cambio puede descomponerse por completo en partes aritmomórficas, desprovistas por su lado de cambio⁸⁴. Y, así, debido a que la sociedad y sus organizaciones se encuentran en un constante fluir, la justicia genuina no puede significar una rígida interpretación de los textos de las leyes escritas. Como lo observó adecuadamente Bridgman, únicamente un conflicto amargo e innecesario puede derivarse de ignorar el carácter dialéctico de «deber» y de emplear el término como si tuviese la «nitidez y unicidad de un concepto matemático»⁸⁵.

La protesta de Robert Mayer en el sentido de que «un solo número contiene más verdad y valor permanente que un vasto catálogo de hipótesis» estaba totalmente en su lugar; hablaba como físico dirigiéndose a físicos y, en consecuencia, no tenía necesidad de añadir «siempre que ese número nos ayude a describir adecuadamente la realidad». Omisiones de este tipo han hecho posible que afirmaciones similares realizadas por las mayores autoridades científicas hayan sido interpretadas como aplicables a *todo* número. No es fácil superar la fascinación que nuestro intelecto experimenta por los números; tal fascinación es responsable igualmente del hecho de que el consejo dado por Galileo a astrónomos y físicos se haya transformado en una definición de esencia: «la ciencia es medición». Las consecuencias de esas loables generalizaciones no han sido siempre afortunadas.

Planck, por ejemplo, observó que al exagerar el valor de la medición podíamos perder por completo el contacto con el objeto real. Entre los muchos ejemplos que podrían ilustrar esta cuestión, hay uno especialmente incitante. Desde el comienzo de la Historia, el grado de envejecimiento del hombre se ha medido por su edad, razón por la que los biólogos han pensado sencillamente poco en el envejecimiento, si es que han llegado a hacerlo. De este modo, recientemente han descubierto de pronto «un problema sin resolver de la biología»: la edad puede ser una medida media del envejecimiento, pero éste es algo completamente diferente de hacerse viejo⁸⁶. Un ejemplo todavía más incitante es el hecho de que seguimos midiendo la «inteligencia» a través del conocido C.I. (cociente intelectual), pero no sabemos exactamente qué es lo que se mide⁸⁷.

Indudablemente, en el caso de las ciencias que se ocupan de fenómenos casi desprovistos de forma y cualidad, la medida implica por regla general un conocimiento ampliado. En la física, definida de modo bastante adecuado como conocimiento cuantitativo de la Naturaleza, no se produce un grave perjuicio si la medición se contempla como un fin en sí misma; pero en otros campos idéntica actitud puede llevar al menos a una hueca teorización. El consejo «busque el número» es juicioso exclusivamente si no se interpreta en el sentido de que «debe encontrarse un número en todas las cosas». *No hemos* de representar opiniones por medio de números únicamente porque nuestra mente se sienta también desconcertada si ha de predecir el resultado de una tirada de monedas a cara y cruz o cuál será la situación política en Francia dentro de diez años; ambos acontecimientos no son ejemplo del mismo fenómeno. Una medida para todas las situaciones inciertas, incluso aunque sea un número, no tiene absolutamente ningún valor científico, ya que sólo puede obtenerse gracias a una representación de la realidad intencionadamente mutilada. Casi todos los días oímos a la gente hablar de «riesgo calculado», pero nadie puede decirnos cómo lo ha calculado de modo que pueda contrastar sus cálculos. Tomado en su sentido literal, «riesgo calculado» es un mero desfile de términos matemáticos⁸⁸.

Bajo la influencia de la idea de que «hay un número en todas las cosas» ha sido como hemos saltado a la conclusión «donde hay "más" y "menos" hay también cantidad» y como, consiguientemente, hemos esclavizado nuestros pensamientos a lo que he denominado «la falacia ordinalista», consistente en sostener que allí donde hay orden hay también medida, ordinal al menos.

⁸⁶ Véase Meddwar, *The Uniqueness of the Individual*, cap. ii.

⁸⁷ Para una discusión sucinta de esta cuestión, véase J. P. Guilford, «Intelligence Has Three Facets», *Science*, 10 de mayo de 1968, pp. 615-618, así como las breves notas en la próxima sección.

⁸⁸ Sobre la argumentación que he presentado contra la mensurabilidad de las creencias, aunque estén documentadas, véanse mis artículos «Choice, Expectations and Measurability» (1954) y, en especial, «The Nature of Expectation and Uncertainty» (1968), reimprimos en *AE*.

⁸² Darwin, *Origin of Species*, p. 46.

⁸³ G. W. F. Hegel, *Hegel's Science of Logic* (2 volúmenes, Londres, 1951), II, p. 68.

⁸⁴ Whitehead, *Modes of Thought*, pp. 131 y s. Véase también *Hegel's Science of Logic*, II, pp. 251 y s.

⁸⁵ Bridgman, *Intelligent Individual and Society*, p. 116.

10. *Pensamiento y «Pensamiento»*. En un principio y durante largas épocas, el animismo representó la fe científica del hombre: todo lo que se mueve, desde las nubes y los ríos hasta los seres vivos, lo hace gracias a que posee un alma semejante a aquella de la que el hombre es directamente consciente. Poco a poco, se fue eliminando a las cosas inanimadas de la categoría *anima*. Por lo que sabemos, fue Leonardo da Vinci quien, en uno de sus numerosos ensayos y notas inéditos, primeramente disintió del animismo. En una forma que vale admirablemente bien para la actual fe maquinista, proclamó que «un pájaro es un instrumento que trabaja de acuerdo con la ley matemática, instrumento que la capacidad del hombre puede reproducir con todos sus movimientos» (*Macchine per volare*, sin fecha). La época parece haber sido apropiada para discutir, pues poco después y de forma independiente el físico y filósofo español Gómez Pereira (*Antoniana Margarita*, 1554), utilizando sus conocimientos de medicina, expuso la tesis general de que todas las estructuras vivientes se componen exclusivamente de movimientos: con excepción del hombre, son todas autómatas sin alma⁸⁹. Debido a que esta doctrina invertida nos libera de reconocer más de un misterio de la Naturaleza, ha ejercido desde entonces una influencia fascinación sobre la mente humana, incluso aunque obviamente presagiaba la negación última de la propia mente⁹⁰. A partir de ello se explican las entusiasmas modas periódicas a las que ha dado origen.

Cien años después de Pereira, Descartes confirió a la doctrina su gran autoridad afirmando que «el cuerpo vivo es una máquina... ni más ni menos que los movimientos de un reloj o de cualquier otro automatismo» (*De l'Homme*, 1664). Otros cien años después, Julien de La Mettrie (*L'Homme Machine*, 1748) dio un nuevo impulso a la cuestión, apoyándose con multitud de detalles sofisticados. En la siguiente centuria, Charles Babbage, con un sentido práctico típicamente británico, pasó a aplicar la doctrina a los hechos al intentar construir una Máquina Analítica⁹¹. Al cabo de otros cien años, apareció la actual moda con su ferviente creencia en que sólo algunas imperfecciones temporales se oponen a nuestra marcha

⁸⁹ Véase J. M. Guardia, «Philosophes Espagnols: Gómez Pereira», *Revue philosophique de la France et de l'Étranger*, XXVIII (1889), pp. 270-291, 382-407 y 607-634.

⁹⁰ Con el fin de subrayar esta negación, G. Ryle, *The Concept of Mind* (Londres, 1949), pp. 15 y ss., se refirió a la Mente como «el Alma en la Máquina» o «el Caballo en la Locomotora». (En realidad, la metáfora pertenece a un novelista alemán y ya había sido mencionada por Max Planck en *The New Science*, Nueva York, 1959, p. 82). También es interesante la conclusión de Ryle en «The Physical Basis of Mind: A Philosophers' Symposium», *The Physical Basis of Mind*, edic. de P. Laslett (Oxford, 1952), pp. 75-79, concretamente que «Mente» y «Materia» son ecos procedentes de la palestra de la filosofía y perjudican las soluciones de todos los problemas planteados en sus términos. Para una refutación penetrante, aunque apasionada, véase A. Koestler, *The Ghost in the Machine* (Nueva York, 1967).

⁹¹ Véase B. V. Bowden, «A Brief History of Computation», *Faster than Thought: A Symposium on Digital Computing Machines*, edic. de B. V. Bowden (Londres, 1953), pp. 3-31.

hacia la construcción de una máquina que pueda «competir con los hombres en todos los campos puramente intelectuales», como lo proclama con seguridad el lógico británico, A. M. Turing⁹².

Habitualmente se sostiene que lo que hace que esa afirmación sea ahora válida son los modernos descubrimientos e innovaciones en el campo de la electrónica⁹³. Lo cierto es que la creencia en la validez de la afirmación ha estado y sigue estando alimentada por el creciente culto al Todopoderoso Concepto Aritmomórfico. Efectivamente, el proyecto original del autómata moderno, un artículo precursor de Turing, precedió como poco en cinco años al primer ordenador electrónico⁹⁴. El propio Turing insiste en que la base real del rendimiento de un ordenador es el programa mecanicista: la electrónica únicamente acelera el funcionamiento⁹⁵.

También ha sido Turing quien primeramente ha establecido el criterio para verificar la afirmación. Como podríamos esperar de un profesional de la lógica, Turing empieza negando todo significado a la pregunta «¿Puede pensar una máquina?» a menos que se definan de modo inequívoco «pensar» y «máquina». Así pues, la sustituye por otra pregunta «en palabras relativamente inequívocas»: ¿Puede una máquina imitar al cerebro humano? Más concretamente, un interrogador humano que se comunicase a través de mensajes escritos con un interlocutor oculto, ¿se equivocaría acerca del carácter de tal interlocutor con tanta frecuencia en el caso de que fuese una máquina como en el de que fuese un hombre?⁹⁶. El «test» es indudablemente razonable y se ha empleado para responder innumerables cuestiones del tipo «¿puede confundirse este vino californiano con un St. Emilion de Francia?». La cuestión consiste en si la prueba permite tener en

⁹² A. M. Turing, «Computing Machinery and Intelligence», *Mind*, LIX (1950), p. 980.

⁹³ Por ejemplo, W. R. Ashby, «Design for a Brain», *Electronic Engineering*, XX (1948), p. 379, afirma que, antes de la electrónica, las máquinas eran mecánicas, pero ahora tienen un significado más rico gracias a la realimentación, idea igualmente propuesta por Norbert Wiener en *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (2ª edición, Nueva York, 1961). Con todo, la realimentación no pertenece exclusivamente a la electrónica; en efecto, el principio de los desplazamientos virtuales empleado por la mecánica clásica en su análisis de la estabilidad del equilibrio (importado más tarde por la economía) implica claramente la realimentación. Formalmente, no existe diferencia alguna entre el homeostato de Ashby (pp. 380 y s.) y un sistema de cierto número de bolas abandonadas a sí mismas dentro de un cuenco; ambas cosas volverán a su «equilibrio» si se les perturba dentro de límites razonables.

⁹⁴ A. M. Turing, «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem», *Proceedings of the London Mathematical Society*, Ser. 2, XLII (1936), pp. 230-265, y «A Correction», *ibid.*, XLIII (1937), pp. 544-546.

⁹⁵ Turing, «Computing Machinery», p. 439.

⁹⁶ *Ibid.*, pp. 433-435. Una y otra vez, un positivista lógico parece no ser consciente de esta difícil situación. Turing no pone reparos al hecho de que «un interlocutor humano» es también un término ambiguo. ¿Incluye un Newton o un Einstein? Si no es así, ¿dónde paramos? De igual modo, parece indiferente al obvio bumerang de su postura cuando llega a admitir que incluso para una máquina «es difícil estructurar las definiciones de modo que se satisfagan las condiciones [enumeradas]», que —ha de resaltarse— están formuladas en términos dialécticos!

cuenta todas las diferencias (excepto, naturalmente, la diferencia de «eti-
quetas»). La prueba de ambos vinos no debiera excluir, por ejemplo, la di-
ferencia de color. Nunca será factible pretender ser daltónico a fin de argu-
mentar que los que insisten en ver algo que no puede reducirse a un tono
incoloro son ciegos o sufren alucinaciones metafísicas, pero esto es precisa-
mente lo que hacen quienes afirman que las máquinas piensan.

El ejemplo artificial puesto por Turing de la imitación de un diálogo
entre un hombre y un ordenador está evidentemente diseñado para fo-
mentar la fe. Naturalmente, se ha convertido en un artículo profesional
bastante popular. Véase un extracto:

Interrogador: ¿Diría Vd. que Mr. Pickwick le recordó la Navidad?

Testigo: En cierto modo.

Interrogador: Pero la Navidad es un día invernal y no creo que Mr.
Pickwick soportase la comparación.

Testigo: No creo que hable Vd. en serio. Por día invernal uno piensa
en un típico día invernal y no tanto en uno especial como la Navidad⁹⁷.

Turing afirma incluso que el ejemplo ilustra las potencialidades aún
sin realizar no de un ordenador complejo sino de uno meramente digital,
pero huye de toda definición inequívoca del diálogo de prueba, incluso de
cierta explicación socrática sobre su naturaleza. Su artículo no lleva a creer
que pueda haber alguna restricción en lo que se refiere a lo que podría im-
plicar el diálogo. Es cierto que Turing apunta de pasada que posiblemente
no debiera esperarse que la máquina respondiese a preguntas del tipo de
«¿Qué piensa sobre Picasso?», lo que no parece un tipo de cuestión esen-
cialmente diferente de la relativa a Mr. Pickwick. Ahora bien, no hay duda
de que puede preguntarse al interlocutor si «él» juega a las tres en raya, al
NIM (juego en el que dos jugadores deben coger alternativamente uno o
más objetos de uno o varios montones, e intentar uno no coger y el otro sí
el último objeto que quede. N. del T.), a las damas, etc. hasta obtener la
respuesta «No». La pregunta «¿Está dispuesto a empezar a aprender *ahora*
esos juegos?» dará entonces una prueba indefectiblemente decisiva, ya que
un hombre está programado para empezar a aprender *cualquier cosa en*
cualquier momento, mientras que, por el contrario, una máquina progra-
mada para aprender a jugar a las damas, por ejemplo, sabe ya cómo jugar:
si no lo sabe, *ipso facto* tampoco está programada para aprenderlo. Así, la
respuesta de la máquina finalizará forzosamente en ese preciso momento.
Igualmente sostengo que se obtendrá idéntico resultado (con menos segu-
ridad, en todo caso) pidiendo al interlocutor que, para variar, elabore otro
cuestionario, porque inventar algunas preguntas simples pero altamente
interesantes es en conjunto mucho más difícil (hasta para una mente hu-

⁹⁷ *Ibid.*, p. 446.

mana) que formular cuestiones técnicamente complejas repasando el ma-
terial memorizado.

Podría aducirse que una máquina universal del tipo de la de Turing,
esto es, una máquina que pudiese realizar *cualquier* función llevada a cabo
por *cualquier* otra máquina, sería inmune a las anteriores pruebas decisi-
vas. El problema consiste en que tal máquina existe exclusivamente en la
teoría, pues un proyecto práctico requeriría que fuese ilimitada su capaci-
dad para recibir instrucciones⁹⁸.

Una vez dicho y hecho todo eso, se observa que todas las comproba-
ciones de que «rendimiento de ordenador = pensamiento humano» llevan
consigo el eterno fraude verbal. «Pensar» es únicamente lo que hacen los
ordenadores (o pueden hacer, teóricamente), no lo que hace en realidad el
ordenador primitivo, el cerebro humano⁹⁹. Como ya hemos visto en el ca-
so de Turing, la justificación ofrecida es que «inteligencia» o «pensamien-
to» son nociones ambiguas en su acepción general. La ecuación se convier-
te, por tanto, en una tautología. Curiosamente, al final aparece de nuevo
con su antiguo significado equívoco, seguido en esta ocasión por Q. E. D.
(quod erat demonstrandum) de la manera más enérgica posible. Esta cues-
tión está admirablemente ejemplificada por los «amplificadores de inteli-
gencia» de W. R. Ashby, en cuya defensa afirma que la «inteligencia»
consiste exclusivamente en la facultad de seleccionar un elemento determi-
nado entre un conjunto de alternativas¹⁰⁰. Esta opinión no modifica el he-
cho evidente de que la mente humana incluye otras muchas facultades in-
telectuales ni transforma toda función seleccionada en una proeza
intelectual. Aunque un río separe la arena de los guijarros, sería absurdo
dotarle de inteligencia (a no ser que regresemos al primitivo animismo).

En realidad, ya desde comienzos de nuestro siglo, cuando Alfred Binet
planteó por vez primera la cuestión, los psicólogos han buscado en vano
una definición aritmomórfica de inteligencia en términos sencillos. «No
existe un significado generalmente aceptado del término»¹⁰¹, y no hay nin-
guno, porque, al igual que la mayor parte de las manifestaciones de la

⁹⁸ No puede negarse el interés teórico de los ordenadores de capacidad infinita. *Ibid.*, pp. 438 y s.

⁹⁹ Hasta los escritores más cuidadosos sobre la cuestión no están siempre libres de este pecado de
aliteración. Así, por ejemplo, leemos en John von Neumann, «The General and Logical Theory of Au-
tomata», *Cerebral Mechanisms in Behavior: The Hixon Symposium*, edit. por L. A. Jeffress (Nueva
York, 1951), p. 10: «Debo considerar los organismos vivos como si fuesen autómatas puramente digi-
tales». Pocos son los especialistas en este campo que, al igual que W. S. McCulloch y W. Pitts, «A Lo-
gical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity», *Bulletin of Mathematical Biophysics*, V
(1942), p. 117, advierten al lector que no conciben que «la equivalencia formal sea una explicación
objetiva. *Per contra!*»

¹⁰⁰ W. R. Ashby, «Design for an Intelligence-Amplifier», *Automata Studies*, eds. C. E. Shannon y
J. McCarthy (Princeton, 1956), pp. 220 y 233.

¹⁰¹ W. C. Halstead, «Brain and Intelligence», *Cerebral Mechanisms in Behavior*, pp. 246 y 251;
véase también J. P. Guilford, «Intelligence Has Three Facets», pp. 615-620.

vida, inteligencia es una noción dialéctica. La penumbra que la rodea puede constatarse a través de múltiples ejemplos. Así, cuando no se está seguro del uso de una palabra, se busca el diccionario y se lee la explicación. Se echa igualmente mano al pasamanos y se agarra con fuerza el mismo si se siente que se pierde el equilibrio en una escalera. ¿Cuál de esas acciones es una manifestación de inteligencia, si lo es alguna?

Sin embargo, en su conjunto la imagen general de la inteligencia tal como se estudia por los psicólogos no difiere de la correspondiente al significado «vulgar». Incluye todas las actividades, desde las de memorizar, recordar, calcular y razonar, hasta inventar nuevos conceptos y sintetizar diversos elementos en abstracciones unificadas, pasando por identificar analogías de forma y contenido por medio de la abstracción a partir de los detalles de lo particular, razonar con conceptos dialécticos y componer obras artísticas. Respecto de esta lista incompleta (estoy seguro de ello) de actividades es como debemos juzgar las afirmaciones de que los ordenadores no solamente «poseen» inteligencia, incluso inteligencia amplificada, sino que también proporcionan el único medio eficiente para estudiar cómo resuelve problemas el cerebro humano¹⁰².

Lo que es todavía más curioso, afirmaciones extravagantes similares no han acompañado a otras invenciones humanas, igualmente maravillosas, aunque muchas ya existiesen cuando se pusieron de moda. Un telescopio con una cámara adaptada al mismo puede «ver» mil veces más lejos y mejor que el ojo humano, pero nadie afirmó que poseyera todas las cualidades de ese ojo humano o de que los oftalmólogos debieran trabajar con tal dispositivo a fin de estudiar cómo funciona el ojo humano en todos sus aspectos. La inmensa utilidad de un avión a reacción no está en absoluto afectada por el hecho de que no bata sus alas, ponga huevos y los empolle, como los pájaros. Del mismo modo, la igualmente inmensa utilidad de los ordenadores no precisa de una jerga de vendedor. Un ordenador ha calculado los primeros cien mil decimales de π en algo menos de nueve horas, tarea que se estima que un hombre, con la ayuda de una calculadora, tardaría 30.000 años en realizar¹⁰³. Ahora bien, esta no es razón suficiente pa-

¹⁰² Nótese también que tales afirmaciones no se han hecho siempre por principiantes. Véanse las obras (ya citadas) de A. M. Turing, Norbert Wiener y John von Neumann, así como H. A. Simon, «The Control of the Mind by Reality: Human Cognition and Problem Solving», y las intervenciones del mismo autor en la mesa redonda sobre «Restriction of the Mind», *Man and Civilization: Control of the Mind*, eds. S. M. Farber y R. H. L. Wilson (Nueva York, 1961), pp. 219-232 y 281-285, e, igualmente, J. A. Simon y A. Newell, «Heuristic Problem Solving by Computer», *Symposium on Computer Augmentation of Human Reasoning*, eds. Margo A. Sass y W. D. Wilkinson (Washington, 1965), pp. 25-35.

¹⁰³ D. G. Fink, *Computers and the Human Mind* (Nueva York, 1966), p. 12. Dado que se estima que los ordenadores examinan sus memorias, clasifican y calculan un millón de veces (a lo sumo) más rápidos que el hombre, la cifra anterior debe tener en cuenta el inmenso tiempo que precisa el hombre para poner por escrito todos los cálculos intermedios.

ra presentar a los ordenadores como gigantes inteligentes con un C. I. de un millón y cuya inteligencia «supera la de su diseñador»¹⁰⁴. Y, si en una prueba normal un ordenador mostrase un C. I. de un millón, ni siquiera eso, de mil, tal cosa no significaría más que —como ya he sostenido antes— al enfocar la atención en la medida hemos perdido de vista lo que se mide. El ordenador puede superar algunas de las limitaciones intelectuales de su diseñador, pero no su inteligencia en el sentido apropiado del término¹⁰⁵.

Por razones obvias, los argumentos aducidos en apoyo de la doble ecuación «ordenador = cerebro humano» difícilmente pueden recurrir al fraude verbal y definir «cerebro» *ad hoc*. En lugar de ello, recurren a modelos empíricos basados en hipótesis y analogías «prácticas», ignorando por completo lo que neurohistólogos, neurofisiólogos, neuropsicólogos y psiquiatras nos dicen sobre las cuestiones incontestadas referentes al cerebro. Hasta la primitiva especulación de Neumann en el sentido de que el cerebro es un sistema mixto de un ordenador analógico y otro digital se adelanta bastante a las demás; y, a pesar de ser ferviente partidario de la potencialidad de los autómatas, Neumann tuvo que admitir por último que «de hecho, el "método digital" ... puede ser totalmente extraño al sistema nervioso [de cualquier animal]»¹⁰⁶. La descripción actualmente más verosímil es que el funcionamiento del cerebro implica no sólo pulsaciones eléctricas de un carácter todavía desconocido sino también cierto tipo de informatización química¹⁰⁷. ¿Tendríamos que sorprendernos de descubrir un día que implica igualmente cierto tipo de informatización a un nivel subatómico aún inexplorado?

Un famoso neuropsicólogo, K. S. Lashley, dedicó toda su vida a buscar «centros de memoria» en el cerebro y fracasó en su intento. Se admite actualmente que la memoria no se sitúa en un lugar determinado del cerebro: se trata de un proceso incesante que implica también cierta síntesis proteínica¹⁰⁸. Aún menos es lo que se sabe acerca de cómo aprende el cerebro. Los especialistas siguen preguntándose por qué (o cómo) hace el cerebro ciertas cosas que no puede hacer ninguna máquina «inteligente». Así,

¹⁰⁴ Como lo hace Ashby en «Design for an Intelligence-Amplifier», pp. 216 y 220.

¹⁰⁵ Está fuera de toda duda que, al igual que sucede con todas las invenciones o descubrimientos humanos, el diseñador puede descubrir que un ordenador pensado para determinadas tareas puede utilizarse también para otras no propuestas. Así, se da el hecho de que un ordenador puede causar, por ejemplo, un bloqueo de enorme amplitud bien por mal funcionamiento o porque el hombre expone a ciegos con él. Véase la nota 127 posterior.

¹⁰⁶ Neumann, «The General and Logical Theory of Automata» (citado en la nota 99 anterior), *Discusión*, p. 38, y Neumann, *The Computer and the Brain* (New Haven, 1958), p. 44.

¹⁰⁷ Halstead, «Brain and Intelligence», pp. 269 y s.

¹⁰⁸ Véase la reciente obra de E. Roy John sobre esta cuestión, *Mechanisms of Memory* (Nueva York, 1967). No puede dejar de subrayarse igualmente la milagrosa cualidad del cerebro de rebelarse contra la memorización de cosas irrelevantes y de olvidarlas con rapidez si se han memorizado. Véase el Capítulo I, nota 15, anterior.

por ejemplo, el cerebro puede manejar situaciones y errores totalmente imprevistos o autorepararse en grado considerable¹⁰⁹. Como dijo irónicamente una autoridad del cerebro, W. S. McCulloch, los estudiosos del cerebro envidian a los científicos que estudian las máquinas porque éstos poseen modelos anatómicos y fisiológicos completos. «El cerebro es parecido a una máquina calculadora, pero no hay ninguna máquina calculadora que recida al cerebro»¹¹⁰. Así es como están las cosas.

Volviendo a las limitaciones de lo que el ordenador puede hacer en comparación con el rendimiento intelectual del cerebro, debemos tener presente que un ordenador digital tiene una estructura *fnita y discreta*. En cualquier momento determinado, a través de cada relé pasa un impulso eléctrico o ninguno: el funcionamiento se basa en una configuración de «todo o nada»¹¹¹. El famoso teorema de McCulloch y Pitts —que «todo lo que puede expresarse completa e inequívocamente en palabras es ipso facto realizable a través de una adecuada red neurológica [de relés] finita»¹¹²— constituye un resultado técnicamente interesante mas no inesperado. Neumann pone de manifiesto que, debido a su modo de funcionamiento de todo o nada, el ordenador digital está sujeto a las mismas limitaciones «poco atractivas» que la Lógica; sin embargo, afirma que el único inconveniente de ese ordenador es que no puede resolver problemas de análisis matemático en los que intervenga el infinito¹¹³. Por otra parte, un ordenador analógico debería estar libre de ese inconveniente, pero su estructura sigue siendo aritmomórfica. A partir de todo lo que he dicho en el presente capítulo y en el anterior, se deduce que, con independencia de su tipo, ningún ordenador puede llevar a cabo ninguna función que esté directa o indirectamente ligada al razonamiento dialéctico. Semejante modo de funcionamiento es prerrogativa exclusiva del cerebro humano.

Entre la plasticidad del cerebro y la estructura mecánica de un ordenador hay un vacío insalvable aun mayor que el que existe entre hacer silogismos y razonar. Desde cualquier ángulo que contemplemos el pensamiento vivo, llegamos a la misma ineludible conclusión: el pensamiento, incluso el matemático, llegaría a estancarse si se confinara a nociones idé-

nticas entre sí. Ya Whitehead nos advirtió que «tan pronto como se abandona el camino trillado de la vaga claridad y se confía en la exactitud, se tropezará con dificultades»¹¹⁴. Cualidades infinitamente continuas, penumbras dialécticas sobre relaciones e ideas, un halo de brillo y contorno variables, eso es pensamiento: un medio gaseoso, como lo describió Wittgenstein tras sus vanos esfuerzos (entre los más brillantes de todos) por reducir la razón a un fundamento aritmomórfico¹¹⁵. La causa de que ningún ordenador pueda imitar el funcionamiento del cerebro humano reside en que el pensamiento es un proceso infinito de Cambio que, como he intentado demostrar en el presente capítulo, es esencialmente dialéctico. Por otro lado, la estructura aritmomórfica de cualquier ordenador constituye una inercia con respecto a la novedad y al Cambio, como lo es el propio número. Sin el carácter dialéctico del pensamiento, no sería posible ninguna asociación de ideas, y mucho menos la aparición de ideas originales.

Así, por ejemplo, puede programarse un ordenador para que juegue una excelente partida de NIM¹¹⁶ con la misma técnica empleada para «enseñar» a las máquinas a jugar a las damas o al ajedrez¹¹⁷. En realidad, si las dimensiones del juego no son muy grandes, el ordenador puede examinar *todo* el tronco del juego y retener exclusivamente las ramificaciones ganadoras, lo que implica una solución completa de esa partida específica. Incluso en el caso del modelo simple de NIM (1,2,3), el tronco del juego tiene nada menos que 182 ramificaciones. ¡Intente plasmarlas sobre el papel! Sin embargo, el hombre puede hacer lo que no puede la máquina: ha descubierto la fórmula de los movimientos ganadores en *cualquier modelo*, lo que debería sorprender a todo aquel capaz de apreciar un prodigio. Y, si existe una fórmula ganadora para las damas o el ajedrez, podemos tener la seguridad de que únicamente el hombre podrá descubrirla, ya que sólo su mente puede abrirse a sí misma nuevas vías de conocimiento. Incluso aunque por azar el ordenador muestre una regularidad continua a partir de cierto número, se seguirá precisando un cerebro humano para probar la validez de la regularidad de *cualquier número*. El ordenador calculó los primeros cien mil decimales de π a una velocidad 30.000.000 de veces superior a la que Leibnitz podría haberlo hecho, ¡pero fue Leibnitz, no un ordenador, quien ideó la serie infinita para $\pi/4$ sobre las que se programó el ordenador!

¹¹⁴ Alfred North Whitehead, *Science and Philosophy* (Nueva York, 1948), p. 136.

¹¹⁵ Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, I, p. 109.

¹¹⁶ En lo que se refiere al juego y a la fórmula ganadora, véase W. W. Rouse Ball, *Mathematical Recreations and Essays* (Nueva York, 1962), pp. 36-38.

¹¹⁷ Fundamentalmente, la técnica, denominada hoy en día «heurística», consiste en utilizar como guía una función de cálculo puntual (semejante a la de Charles H. Goren para el bridge) y en disponer la máquina de modo que memorice todos los tableros perdidos, tal como se da durante el «entrenamiento». En el juego real, la máquina examina unos pocos movimientos hacia delante en el tronco del juego. Véase el instructivo artículo de A. L. Samuel, «Some Studies in Machine Learning. Using the Game of Checkers», *IBM Journal of Research and Development*, III (1959), pp. 210-229.

¹⁰⁹ Diversas discusiones se encuentran en *Cerebral Mechanisms in Behavior*, edit. por Jeffress, pp. 32 y ss. y 193 y s. La objeción de W. S. McCulloch, en «Why the Mind Is in the Head», *ibid.*, pp. 54 y s., de que para un ordenador con tantas «neuronas» como el cerebro (aproximadamente 10^{10}) las cataratas del Niágara no bastarían para suministrar la corriente eléctrica necesaria ni el río Niágara para refrigerar la planta, no me parece esencial. Evidentemente, todo eso puede ser únicamente un impedimento técnico temporal.

¹¹⁰ W. S. McCulloch, citado en Fink, *Computers and the Human Mind*, p. 178.

¹¹¹ Turing, «Computing Machinery», pp. 439 y ss.; Neumann, «The General and Logical Theory», pp. 15 y s.

¹¹² Neumann, *ibid.*, p. 23 (las cursivas son mías). En lo que respecta al teorema, véase el artículo de McCulloch y Pitts citado en la nota 99, anterior.

¹¹³ Neumann, «The General and Logical Theory», p. 16.

Podemos preguntarnos también qué máquina contrastadora de teorías geométricas sería capaz de «pensar» en otro prodigio, la sencilla prueba ideada por H. A. Schwartz para un teorema elemental, prueba en la que se hace girar un triángulo seis veces sin razón evidente alguna¹¹⁸. Igualmente, ¿a qué máquina «heurística» se le ocurriría la idea euleriana, aparentemente inútil, pero brillante, de descomponer sen x en factores simples como si fuese un polinomio?¹¹⁹ Intuiciones como las de Schwartz o Euler distinguen pensamiento de «pensamiento». Algunos entre nosotros pueden despreciar la intuición por considerarla una cualidad nebulosa o un prejuicio kantiano, pero la intuición por sí sola fomenta el conocimiento creativo. Muy recientemente, en un editorial de *Science* que elogiaba determinado descubrimiento bioquímico, P. H. Abelson subrayaba que los perfeccionados métodos de investigación no son por sí solos garantía de nuevo progreso; éste «dependerá de la cualidad del criterio intuitivo con el que los científicos seleccionen los materiales de estudio»¹²⁰.

Hay que tener también en cuenta que los problemas matemáticos mencionados anteriormente están formulados *completamente en palabras inequívocas*. En consecuencia, la condición que constituye el leitmotiv de las argumentaciones en favor de que «los ordenadores piensan» no puede invocarse contra las conclusiones derivadas de esos ejemplos. Y esto no es todo. Como espero haber demostrado en las secciones precedentes, la mayor parte de nuestro pensamiento importante lleva consigo nociones y relaciones dialécticas. Esto es posiblemente lo que John von Neumann quería admitir en una monografía póstuma al decir que «*el lenguaje del cerebro no [es] el lenguaje de las matemáticas*», por lo tanto, tampoco el de los ordenadores¹²¹. Por su parte, Norbert Wiener nos dice que había previsto las dificultades de diseñar un ordenador que pudiese identificar un cuadrado sin tener en cuenta su posición relativa¹²². Más recientemente, Oliver Selfridge subraya de nuevo en un sobrio informe que las máquinas no pueden identificar invarianzas de simetría, ni siquiera la colinealidad en una partida de tres en raya, «sin que se les indique», mientras que el hombre lo empieza a hacer por sí mismo¹²³. Ha de tenerse igualmente presente que la Gestalt no significa únicamente identificar formas geométricas; significa también identificar las «apuntadas, dentadas, lenticulares, umbelíferas y similares».

¹¹⁸ En lo relativo a esta prueba, véase H. Rademacher y O. Toeplitz, *The Enjoyment of Mathematics* (Princeton, 1957), pp. 29 y s.

¹¹⁹ Véase la fascinante historia en G. Polya, *Mathematics and Plausible Reasoning* (2 volúmenes, Princeton, 1954), I, pp. 19-21.

¹²⁰ *Science*, 31 de mayo de 1968, p. 951.

¹²¹ Neumann, *The Computer and the Brain*, p. 80.

¹²² Wiener, *Cybernetics*, p. 18.

¹²³ Oliver Selfridge, «Reasoning in Game Playing by Machine», *Symposium on Computer Augmentation of Human Reasoning* (nota 102, anterior), p. 208.

de las que hablaba Husserl. Por encima de todo, significa identificar «democracia», «especie», «necesidad», etc., con indiferencia de las irregularidades individuales. Y, por último, no podemos olvidar que significa incluso reconocer la Gestalt, que es en sí misma una noción dialéctica.

Si una definición *ad hoc* de pensamiento pudiese ayudarnos a diseñar los problemas, aprobaría la de J. P. Eckert (uno de los diseñadores de ENIAC, el primer ordenador electrónico digital), quien declaró que tras una experiencia de diecisiete años se ha visto «forzado a adoptar la definición de que pensamiento es lo que no pueden hacer los ordenadores»¹²⁴. Por las razones desarrolladas en los apartados anteriores, esta definición de Pensamiento está lejos de ser vana. Wiener nos advierte que «la máquina calculadora ultrarrápida no reducirá con toda seguridad la necesidad de matemáticas [de categoría]»¹²⁵. Podemos dar un paso más y decir que los ordenadores heurísticos, los que contrastan teoremas, los de juego o cualesquiera otros no reducirán la necesidad de Pensamiento. La prueba más adecuada la ofrecen los trabajos en los que Turing, Neumann, Simon *et al.* mezclan nuevas ideas con el razonamiento dialéctico, obteniendo vigorosas argumentaciones que ningún ordenador podría reproducir. Estoy seguro de que, ni siquiera en defensa de la causa, habría ido Turing tan lejos como para sostener que su fascinante artículo podría haberse escrito por un ordenador en respuesta a la pregunta «¿puede pensar una máquina?».

Sigue siendo válida la cuestión planteada por Lady Lovelace en relación con la Máquina Analítica de Babbage, esto es, que una máquina puede hacer exclusivamente lo que al diseñarla le ordenamos que haga. Lo confirma así uno de los más distinguidos veteranos en la programación de máquinas «inteligentes», A. L. Samuel, quien añade que «los ordenadores... son imbéciles gigantes, no cerebros gigantes»¹²⁶. Son imbéciles porque no pueden pensar. Por esa razón, no tenemos que estar aterrizados (como Samuel Butler y Norbert Wiener dicen que debiéramos estar) por la idea de que los ordenadores podrían significar por sí mismos el fin de la especie humana¹²⁷. Como sucede en el caso de la energía atómica, el peli-

¹²⁴ Citado en Fink, *Computers and the Human Mind*, p. 208.

¹²⁵ Wiener, *Cybernetics*, p. 131.

¹²⁶ A. L. Samuel, «Artificial Intelligence: A Frontier of Automation», *Annals of The American Academy of Political and Social Science*, CCCXI (marzo de 1962), p. 13.

¹²⁷ La postura fundamental de N. Wiener, resumida en su «Some Moral and Technical Consequences of Automation», *Science*, 6 de mayo de 1960, pp. 1.355-1.358, es que, debido a que las máquinas trabajan increíblemente más rápidas que el hombre, éste puede no ser capaz de parar a tiempo una máquina si se percató de que lo que ésta hace es una catástrofe, situación que compara con la de «El Aprendiz de Brujo» de Goethe. Defiende esa postura, no por la posibilidad de que el hombre haga un uso equivocado de las máquinas, sino por la conocida afirmación de que las máquinas trascienden «las limitaciones de sus diseñadores». Véase «A Refutation», por A. L. Samuel, en *Science*, 16 de Septiembre de 1960, pp. 741 y s.

gro podría derivarse únicamente del uso que el Pensamiento pudiera hacer de los cerebros imbéciles (aunque, más probablemente, de algunas criaturas sin cerebro: un hongo, una bacteria o un virus).

Al igual que sucede con todos las argumentaciones relativas a cuestiones objetivas, tanto los que están a favor de que «las máquinas pueden pensar» como los que (como es mi caso) se oponen a ello utilizan necesariamente la inducción incompleta. Algunos afirman que, dado que se ha demostrado la falsedad de «las máquinas no pueden calcular», no tenemos ya base inductiva alguna para no creer que «las máquinas pueden pensar»¹²⁸. Otros emplean la argumentación inductiva de forma directa y explícita: «La construcción de un cerebro sintético requiere ahora poco más que tiempo y trabajo»¹²⁹. O bien, «paso a paso, se combaten las limitaciones restantes»¹³⁰. Las argumentaciones de este tipo nos recuerdan la glorificación de la mecánica hace más de un siglo y en realidad brotan de las mismas raíces, del dogma de que en la Naturaleza no existe elemento alguno que no pueda reducirse a leyes precisas, finitas y reproducibles.

El fundamento mecanicista de la «teoría» general de los autómatas se pone inequívocamente de manifiesto en la famosa proposición confirmada por John von Neumann: la *máquina* universal de Turing puede concebirse de modo que si se dejase en un medio flotante junto a gran número de sus partes elementales se reproduciría por sí misma¹³¹. ¿Qué otra cosa necesitamos para tener una réplica mecanicista de la vida y, por tanto, del propio pensamiento? Ahora bien, debemos observar que, a la vista de la universalidad de la máquina y de las hipótesis implícitas a la contrastación, la proposición de Neumann puede hacerse mucho más fuerte. En efecto, podría ampliarse a una máquina que incluyese también todas las operaciones de minería, manufactura y transporte y que se reprodujese por sí misma si se la dejase sola en el desnudo entorno material de este planeta. Además, no es preciso eliminar completamente al hombre de los productos intermedios de la máquina. El propio Turing presupone que esta ampliación no es una aberración, ya que en otro caso no habría tenido sentido alguno su explícita instrucción de que «los hombres nacidos en la forma habitual» no deberían ser parte elemental de la máquina¹³². Esta afirmación sugiere con

claridad una visión verdaderamente grandiosa: que una máquina puede llegar a reproducir la evolución completa del hombre desde el tórrido magma que existía antes de que apareciese la primera célula viva.

Sin embargo, cuanto más hemos aprendido sobre la Naturaleza desde la apoteosis laplaceana de la mecánica, tanto más clara se ha hecho la infinidad cualitativa de la Naturaleza. Y, como ya he afirmado antes (Capítulo II, Sección 7), lo que nos impide reducir el universo físico a conceptos aritmomórficos es el factor dialéctico denominado «aleatoriedad». Así, se encuentran ahora los dos extremos: al ser dialéctico el carácter del Pensamiento, éste no puede reproducirse por máquinas construidas en base a modelos aritmomórficos.

Con el fin de minimizar el riesgo de que la crítica anterior de la apoteosis de los ordenadores pueda malinterpretarse en lo que se refiere a su ámbito, deseo subrayar como conclusión que no hay nada más lejos de mi ánimo que restar importancia a la utilidad de este extraordinario invento —el ordenador— o que negar el valor de los distintos experimentos «heurísticos» como fuente de inspiración de nuevos y más interesantes empleos de ese invento, pero no como paso hacia el cerebro sintético. La única razón que me ha movido a escribir esta crítica es que el ordenador constituye, por así decirlo, un experimento de laboratorio por el cual el pensamiento aritmomórfico se aísla del razonamiento dialéctico y que, con sus limitaciones, proporciona la contrastación experimental de lo que he intentado predicar a mis colegas economistas desde que ciertas experiencias profesionales me despertaron del sueño aritmomórfico: «hay un límite a lo que podemos hacer con ellos»¹³³. Y ello porque, si ignoramos o negamos esta verdad, somos propensos a pensar (como lo hacemos actualmente en gran medida) que la locomoción, máquinas para hacer máquinas, es todo lo que existe en la vida económica. Como consecuencia de esta manera de desviarnos del verdadero núcleo del proceso económico en el que principalmente operan las proyecciones dialécticas del hombre, fracasamos en nuestro reconocido objetivo como economistas: estudiar al hombre con la esperanza de ser capaces de contribuir a su felicidad en la vida.

¹²⁸ Véase Turing, «Computing Machinery», p. 448. Richard Laing concluye así su revisión de M. Taube, *Computers and Common Sense* (Nueva York, 1961): «no parece que haya argumentos rigurosos contra la posibilidad de que los ordenadores hagan cosas típicas de la inteligencia humana». *Behavioral Science*, VII (1962), p. 240.

¹²⁹ Ashby, «Design for a Brain» (nota 93, anterior), p. 382.

¹³⁰ Simon y Newell, «Heuristic Problem Solving by Computer» (nota 102, anterior), p. 32. Véanse también las observaciones, relativas a la idea de Polya de un Razonamiento Verosímil, hechas por H. Gelernter, «Realization of a Geometry-Theorem Proving Machine», *Computers and Thought*, eds. E. A. Feigenbaum y J. Feldman (Nueva York, 1963), p. 135.

¹³¹ Neumann, «The General and Logical Theory of Automata», pp. 28-30.

¹³² Turing, «Computing Machinery», p. 435.

¹³³ Véase mi artículo «The Nature of Expectation and Uncertainty» (1958), reimpresso en *AE*, p. 275.

CAPÍTULO IV

MEDICIÓN, TAMAÑO E IDENTIDAD: ALGUNAS LECCIONES OBJETIVAS DE LA FÍSICA

1. *Física y filosofía de la ciencia.* Todo científico social que busque en la moderna filosofía de la ciencia consejo e inspiración para su propia actividad está expuesto a experimentar una gran decepción, incluso a desconcertarse. Por una u otra razón, la mayor parte de esta filosofía ha llegado a ser básicamente una mera alabanza de la ciencia teórica y nada más. Y, dado que entre todas las ciencias actualmente profesadas solamente algunas partes de la física satisfacen la idea de ciencia teórica, es lógico que casi todos los tratados modernos de filosofía crítica eviten cualquier referencia a campos distintos de los de la física teórica. Cuando (raras veces) se hace mención a esos otros campos, es únicamente con el fin de probar lo acientíficos que son.

La moderna filosofía de la ciencia no libra ya batalla alguna, porque, según creo, nadie podrá negar que el espectacular avance en varias ramas de la física se debe por completo a la posibilidad de organizar en una teoría la descripción del correspondiente campo fenomenológico. Ahora bien, razonablemente habría de esperarse algo más de la filosofía crítica, en concreto un análisis imparcial y constructivo de la metodología científica en todos los campos del conocimiento; y la cruda realidad es que las modernas obras sobre filosofía de la ciencia ni siquiera abarcan por completo todo el terreno de la física.

El resultado de esta actitud acrítica es que aquellos que han trabajado dentro del edificio de la física no siempre están de acuerdo con los que la contemplan sólo desde fuera. Los de dentro admiten, a su pesar, que la corona de la física ha perdido parte de las brillantes gemas que tenía en la época de Laplace. Ya he mencionado una de tales gemas desaparecidas: la imposibilidad, que se hace más convincente con cada nuevo descubrimiento, de un fundamento lógico no contradictorio para todas las propiedades de la materia. Para el biólogo o el científico social, esto constituye una lección objetiva muy valiosa, pero hay otras lecciones al menos igual de importantes. En lo que sigue, voy a intentar puntualizar algunas de ellas.

Deseo comenzar subrayando un hecho incuestionable: el progreso de la física ha venido impuesto por el ritmo con el que los atributos de los fenómenos físicos se han sometido a medición, especialmente a la instrumental. Más interesante aún para nuestro objetivo es la correlación existente entre el desarrollo de varias partes de la física y la *naturalidad* de los atributos conquistados por la medición.

Aunque podamos considerarlo natural *ex post*, los comienzos se basaron en aquellas variables cuya medición no planteaba problema alguno, dado que se practicaba desde tiempo inmemorial. Contemplada como ciencia de las propiedades *intemporales* de objetos corpóreos, la geometría tiene exclusivamente un atributo básico: longitud, el prototipo de un atributo libre de cualidades. La mecánica fue el siguiente capítulo de la física que se convirtió en un sistema teórico completo. Una vez más, las mediciones de las variables implicadas habían estado en práctica durante milenios. Es muy importante observar que lo que la mecánica entiende por «espacio» y «tiempo» no es *situación* y *tiempo cronológico* sino *diferencia diferente e intervalo temporal indiferente*. O bien, como se expresa con frecuencia la misma idea, los fenómenos mecánicos son independientes de Lugar y Tiempo. Lo sobresaliente aquí es que incluso el espectacular progreso logrado por la mecánica teórica está limitado a un campo fenomenológico en el que bastan los tipos más transparentes de medición. En terminología moderna, tanto el espacio como el tiempo y la masa de la mecánica tienen una medición *cardinal*.

La situación cambió esencialmente con el advenimiento de la termodinámica, la siguiente rama de la física tras la mecánica en lograr un edificio teórico. Por vez primera, se incluyó en un contexto teórico variables *no cardinales*, como la temperatura y el tiempo cronológico, por mencionar sólo las más familiares de ellas. Esta novedad no significó un acontecimiento neutral e insignificante. No preciso mencionar sino las diversas escalas propuestas para medir la temperatura, es decir, el nivel de calor, y, especialmente, el hecho de que no todos los problemas planteados por tal medición se han resuelto aún a satisfacción de todos¹.

La ampliación a otros campos de esa estructura teórica sigue tropezando con grandes dificultades. Esto es especialmente evidente en el caso de la electricidad, donde todas las variables básicas se miden *instrumentalmente* y ninguna de ellas está directamente ligada a un órgano sensor, como lo está la mayor parte de las variables en otras ramas de la física. Es así perfectamente natural que la invención de los especiales instrumentos de medición de las variables eléctricas haya tenido que llevar más tiempo. Mucho más que en el

caso de las otras ramas, la electricidad avanzó cada vez únicamente en tanto que cada instrumento de medición podía iluminar un campo adicional. Lo contrario es cierto en la mecánica: su progreso no se vio muy entorpecido por el problema de la medición. Todos conocemos la fascinante historia de cómo Galileo descubrió el isocronismo del péndulo al comparar con su propio pulso la oscilación de un candelabro de la catedral de Pisa.

Habitualmente, solemos dejar aquí la visión panorámica de la física, con lo que perdemos una lección objetiva muy importante procedente de campos como la mecánica estructural o la metalurgia. La historia completa pone de manifiesto que esos campos —que son tan parte de la ciencia de la materia como lo es la teoría atómica— siguen luchando contra un conocimiento desigual aún sin unificar en un solo cuerpo teórico. La única explicación posible de esta falta de desarrollo reside en el hecho de que muchas variables de la estructura material —dureza, deformación, flexión, etc.— son en esencia *cualidades cuantificadas*. Como voy a demostrar en lo que sigue, en este caso la cuantificación no puede suprimir por completo el peculiar carácter de la cualidad; por el contrario, deja siempre un residuo cualitativo que se oculta de algún modo dentro de la estructura métrica. La física, por tanto, no se encuentra tan libre de metafísica como sostiene la actual filosofía crítica, siempre que se considere (como generalmente se hace) que los problemas planteados por la oposición entre número y cualidad son metafísicos.

2. *Medición, cantidad y cualidad*. Como cabría esperar, el hombre utilizó en primer lugar el tipo de medición más directo y transparente, es decir, midió primeramente la *cantidad*. Ahora bien, deberíamos resistir la tentación de considerar que este paso fue un simple accidente. La cantidad presupone la abstracción de toda variación cualitativa: por consiguiente, únicamente tras alcanzar esa abstracción, la medición de la cantidad puede llegar a convertirse en materia simple, en la mayor parte de los casos. Es indudable que el hombre no tardó mucho en constatar que frecuentemente no podía observarse diferencia cualitativa alguna entre dos ejemplos de «trigo», de «agua» o de «tela», pero hubo de transcurrir muchísimo tiempo antes de que el peso, por ejemplo, apareciera como atributo generalmente mensurable de toda sustancia palpable. Es a este tipo de medición al que habitualmente se califica de *cardinal*.

A la vista de la tendencia actualmente bastante común a negar la necesidad de distinguir la medición cardinal de otros tipos de medición, es preciso subrayar que la mensurabilidad cardinal es el resultado de una serie de operaciones *físicas* específicas sin las cuales no serían en absoluto pertinentes las operaciones hechas sobre el papel con números-medición². Así pues,

² En lo que se refiere a un análisis axiomático de cómo la medición cardinal se deriva de esas operaciones físicas, véase el artículo del autor «Measure, Quality, and Optimum Scale», en *Essays on Econometrics and Planning Presented to Professor P. C. Mahalanobis on the Occasion of His 70th Birthday*, edit. por C. R. Rao (Oxford, 1964), pp. 232-246.

¹ Por ejemplo, P. W. Bridgman, en *The Logic of Modern Physics* (Nueva York, 1928), p. 130, observa que «ningún significado físico puede atribuirse directamente al flujo de calor, y no hay modo alguno de medirlo».

la mensurabilidad cardinal no es una medición como las demás sino que refleja determinada propiedad física de una categoría de cosas. Cualquiera variable de esta categoría existe siempre como *quantum* en el estricto sentido de la palabra (que no debe confundirse con el de la «mecánica cuántica»). A su vez, el quantum posee propiedades simples, pero específicas.

Sea que contemos el número de píldoras pasándolas una a una de la palma de la mano a un tarro, sea que midamos la cantidad de agua de un depósito vaciando éste cubo a cubo, sea que utilicemos una romana para pesar un montón de harina, la medición cardinal implica siempre la *adición indiferente* y la *sustracción* en un sentido físico definido. Veamos un ejemplo muy elemental: gracias a una operación *física* independiente de toda medición, podemos adicionar un vaso de agua y una copa de agua o detraer una copa de agua de una jarra de agua. En ambos casos, el resultado es un ejemplo de la misma entidad, «agua».

De esas dos condiciones (que son necesarias, pero no suficientes, para la cardinalidad), la sustracción es más rigurosa. Así, por ejemplo, podemos adicionar cestas de manzanas y peras, e incluso colores, en caso de utilizar algún dispositivo específico. Ahora bien, la condición aditiva basta para refutar la cardinalidad de gran número de variables a las que los economistas tratan como cardinales, si no continuamente al menos con una frecuencia significativa. Hasta Bentham, en un momento de autocrítica, invocó la ausencia de adición contra su propia noción de una utilidad cardinal para la colectividad en su conjunto: «Es inútil hablar de cantidades aditivas que tras la adición continúan siendo distintas como lo eran antes de ella,... también se podría pretender adicionar veinte manzanas a veinte peras».³ En realidad, la misma argumentación muestra el camino más sencillo para refutar la tesis de la utilidad cardinal incluso para el individuo, porque podría preguntarse: ¿dónde se encuentra ese depósito en el que se acumulan las utilidades y desutilidades de una persona? Consideradas como relación entre un objeto externo y la situación mental de un individuo, no como propiedad intrínseca del objeto, la utilidad y la desutilidad son flujos psíquicos. En el momento en que nos sentimos agotados al final de una jornada de trabajo, nadie puede decir dónde está el placer experimentado durante alguna fase de ese trabajo; al igual que el propio pasado, se ha ido para siempre. Sin embargo, el ejemplo que debería ser suficiente para clarificar la cuestión de la necesidad de distinguir la cardinalidad de la pura ordinalidad es el tiempo cronológico o, si se quiere, el «dato histórico», y ello

³ La cita, procedente de un manuscrito inédito, se encuentra en Elie Halévy, *The Growth of Philosophic Radicalism*, (Boston, 1955), p. 495. Sin embargo, al igual que muchos otros, Bentham llegó a afirmar que se trata aquí de la voz de la «indiferencia o incapacidad», explicando que, incluso aunque la capacidad aditiva de la felicidad de diferentes individuos es ficticia, sin ella «todo razonamiento político se encuentra detenido». Véase también *The Works of Jeremy Bentham*, edit. por J. Bowring (11 volúmenes, Edimburgo, 1838-1843), I, p. 304.

porque es tan claro y tan familiar para todo el mundo. Evidentemente, no existe en absoluto ningún sentido en el que podamos sumar de forma significativa dos fechas históricas, ni siquiera a través de operaciones sobre el papel tras haber atribuido algún número a cada una de aquellas. El «dato histórico» no es una variable cardinal y ninguna convención racional puede hacer que lo sea.⁴

A fin de completar todos los aspectos de mi argumentación contra la postura relativista, quiero subrayar que si se interrumpe a un científico de la Naturaleza en el transcurso de una de sus argumentaciones y se le pregunta qué corresponde en realidad a cualquiera de las ecuaciones que pueda haber escrito en la pizarra, dará una respuesta definida y perfectamente inteligible. Puede que llegue incluso a invitar a ir a su laboratorio a fin de mostrar el sentido operativo de tal ecuación. Frente a esta situación, los científicos sociales utilizan generalmente la aritmomanía y aplican las operaciones aritméticas hechas sobre el papel a cualesquiera números que puedan ocurrírseles o encontrarse, sin pararse ni un momento a considerar si esas operaciones tienen algún sentido. ¿Acaso no vemos con frecuencia a los economistas adicionar utilidades descontadas de fechas futuras —es decir, flujos futuros descontados— como si fuesen anualidades satisfechas en dinero (una variable cardinal)? ¿Con qué frecuencia vemos también la fórmula de la media aritmética —que implica adición— aplicada a variables para las que la adición no tiene absolutamente ningún sentido? Incluso aun que pueda garantizarse que los resultados de un examen, por ejemplo, están ordenados de igual modo por todos los miembros del tribunal, las calificaciones de los diferentes miembros difícilmente darán como resultado la misma media aritmética; la consecuencia es que el estudiante A será el candidato típico para el miembro X, el estudiante B lo será de acuerdo con el miembro Y, etc.⁵ Los psicólogos y los especialistas en educación han llegado gradualmente a ser conscientes de esa falacia y en la actualidad utilizan exclusivamente la mediana, un estadístico ordinal, para describir atributos que son variables puramente ordinales. Los economistas parecen seguir estando lejos de alcanzar la mayoría de edad a este respecto.

Como ya he insinuado, no puede considerarse a la cantidad como noción anterior a la calidad, ya sea en el orden lógico o en el evolutivo. Es indudable que antes de tener la idea de medir cantidades de trigo, por ejemplo, el hombre debe haber llegado primero a darse cuenta, *sin pesarlo*, de que un montón de trigo es mayor que otro. Durante mucho tiempo, «más frío» y «más caliente» no tuvieron medición alguna. De igual modo, distin-

⁴ Véanse más observaciones sobre este punto en la Sección 6 del presente capítulo.

⁵ Para una discusión general del concepto de «media» desde este específico punto de vista, véase mi ensayo «An Epistemological Analysis of Statistics as the Science of Rational Guessing», *Acta Logica*, X (1967), pp. 61-91.

ciones como las existentes entre «más amable» y «menos amable» y, esencialmente, entre «antes» y «después», que reflejan diferencias cualitativas, deben haber precedido durante largo tiempo a la práctica de la medición cuantitativa. Todas las cosas a las que son de aplicación términos como los anteriores pudieron llegar a organizarse de acuerdo con un orden mental definido. Sólo posteriormente se asignó un número de orden a cada uno de ellos, como debe haber ocurrido en primer lugar con los acontecimientos temporales y, probablemente, con el parentesco. Ese paso hacia la «categorización» representa la base del moderno concepto de medición ordinal. Ahora bien, la primacía del concepto categorizador sobre el de cantidad tuvo una influencia decisiva en el desarrollo de nuestras ideas en este cambio. Bertrand Russell observó acertadamente que los filósofos están totalmente equivocados al pensar que la cantidad es esencial para las matemáticas; dondequiera que pueda aparecer, la cantidad no es «*actualmente* susceptible de tratamiento matemático». Pero incluso hoy en día es el orden, no la cantidad, quien ocupa el lugar central en la matemática pura.

Por más antiguos que sean los principios básicos de medición y por más frecuentemente que hayan sido discutidos en los últimos años, hemos percibido con bastante lentitud la diferencia esencial existente entre la medición cardinal y la puramente ordinal. En concreto, a partir del hecho de que la medición cardinal presupone la ordinalidad, hemos llegado con frecuencia a la conclusión de que distinguir entre la medición cardinal y la puramente ordinal es una sutileza irrelevante. Esta postura ignora por completo la sombra que la cualidad proyecta sobre la medición puramente ordinal. En efecto, las cosas abarcadas por una medición puramente ordinal tienen que variar necesariamente de forma cualitativa, pues en otro caso no habría absolutamente nada que nos impidiese adicionarlas y sus-trae-las físicamente y, por consiguiente, construir para ellas una medición cardinal.

Por otra parte, hemos de reconocer que la mensurabilidad cardinal y la puramente ordinal representan dos polos extremos y que entre ellos hay sitio para ciertos tipos de medición en el que calidad y cantidad se entretienen de forma posiblemente ilimitada. Algunas variables, mensurables ordinalmente mas no cardinalmente, son de tal tipo que lo que nos parece ser su «diferencia» tiene una medición cardinal indirecta. Ejemplo de ello son el tiempo cronológico y la temperatura. Existe exclusivamente una norma para construir una escala de medición para esas variables que refleje su propiedad específica; debido a su frecuencia entre las variables físicas, propuse que se distinguiera a esa propiedad a través de la expresión *cardinali-*

⁶ Bertrand Russell, *The Principles of Mathematics* (Cambridge, Engl., 1903), p. 419. Las cursivas son mías para subrayar que la teoría matemática de la medición era todavía una cuestión bastante esotérica en la época de la afirmación de Russell.

*dad débil*⁷. Por razones evidentes, al igual que sucede con una medición cardinal normal, una medición cardinal débil se transforma fácilmente en otra instrumental.

Llegados aquí, aparece inevitablemente una cuestión espinosa: ¿existen atributos ordinalmente mensurables que tal vez no puedan medirse por un instrumento de lectura puntual? Cualquier respuesta definitiva a esta cuestión implica como mínimo una postura epistemológica definida, si no incluso una postura metafísica. La opinión predominante es que todos los atributos son susceptibles de medición instrumental: con tiempo suficiente somos capaces de inventar un instrumento de lectura puntual para cada atributo. Así, por ejemplo, la confianza de F. P. Ramsey en la invención final de algún tipo de psicogalvanómetro para medir la utilidad refleja claramente esa postura⁸. En defensa de Ramsey puede observarse que en la actualidad un contador de un ordenador electrónico podría mostrar el C. I. de un individuo una fracción de segundo después de haber pulsado un sistema de botones relacionados con la veracidad—falsedad de una serie de cuestiones; y si se está satisfecho con la idea de que el C. I. mide la inteligencia, entonces la inteligencia *está* medida por un instrumento de lectura puntual. Por otro lado, está el hecho de que la dureza ha desafiado hasta ahora la consumada ingenuidad de los físicos y de que su escala sigue siendo exclusivamente cualitativa. No obstante, probablemente el ejemplo más destacado a este respecto lo ofrece la entropía: aunque esta variable es fundamental en la física teórica, no existe ningún *entropómetro* y los físicos no pueden ni siquiera sugerir cómo podría diseñarse⁹. Así, aunque la evidencia nos indica que la física ha sido capaz de idear instrumentos de medición para un número cada vez mayor de atributos mensurables, no respalda la opinión de que potencialmente todas las mediciones pueden reducirse a lectores puntuales.

3. *El residuo cualitativo*. En todas las ecuaciones de la física, ya sea en la mecánica o en la estructura de la materia, las variables representan números. La única vía a cuyo través aparece explícitamente la calidad en esas ecuaciones es la de diferenciación de símbolos, como en $E = mc^2$, donde E , m y c representan categorías discretamente diferenciadas o constantes. Por regla general, un físico no se preocupa en absoluto por

⁷ Véase el artículo del autor «Measure, Quality, and Optimum Scales», p. 241.

⁸ F. P. Ramsey, *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays* (Nueva York, 1950), p. 161. Como podría esperarse, Ramsey tuvo algunos famosos predecesores entre los hedonistas. Bentham parece haber sido el primero en soñar con un «termómetro moral» (*Works*, I, p. 304). Posteriormente, F. Y. Edgeworth, en *Mathematical Psychics* (Reimpresión, Londres, 1932), p. 101, llegó incluso a acuñar una palabra, «hedonímetro», para el instrumento de sus sueños.

⁹ Otra variable importante en la física moderna que no es instrumentalmente mensurable es la función de movimiento ondular, ψ . Louis de Broglie, *Physics and Microphysics* (Londres, 1955), p. 80.

el hecho de que algunas variables sean mediciones cuantitativas mientras que otras miden cualidades cuantificadas. Sin embargo (como ya he expuesto en la sección precedente), la cuantificación de un atributo cualitativo no cambia la esencia del propio atributo ni, en consecuencia, puede destruir el ingrediente cualitativo de un fenómeno que lleve consigo tal atributo. Es así inmediatamente evidente que, puesto que la cuantificación no hace que desaparezca la cualidad, queda un residuo cualitativo que forzosamente debe trasladarse a la fórmula numérica con la que se describe el fenómeno, pues en caso contrario esa fórmula no constituiría una descripción adecuada. El problema consiste en hallar la forma en que el residuo cualitativo puede ocultarse en un esquema puramente numérico.

Un examen de las leyes fundamentales de la mecánica clásica nos mostrará la dirección en que va la respuesta. Como ya se ha resaltado, esa antigua rama de la física abarca exclusivamente variables cardinales. La Segunda Ley de Newton dice, en primer lugar, que el efecto de una fuerza sobre un cuerpo dado, esto es, la aceleración del movimiento de ese cuerpo, es *proporcional* a la cantidad de fuerza, y , en segundo lugar, que el efecto de una fuerza dada sobre cualquier cuerpo es *proporcional* a la masa de este último. Además, la esencia de la Ley de la Gravitación de Newton puede formularse de manera semejante: la atracción ejercida por un cuerpo sobre una unidad de masa es *proporcional* a la masa del cuerpo y está uniformemente difundida en todas las direcciones.

Podrían citarse otras leyes fundamentales de la física que afirman también la variación proporcional de las variables implicadas: las diferentes leyes de transformación de la energía o leyes famosas como la de Planck ($E = hv$) y la de Einstein ($E = mc^2$). La cuestión sobre la que quiero llamar la atención es que ese modelo simple no es un mero accidente; por el contrario, en todos esos casos, la variación proporcional de las variables es consecuencia inevitable del hecho de que cada una de tales variables está libre de cualquier variación cualitativa. En otras palabras, se trata en todos los casos de variables cardinales. La razón de todo esto es simple: si dos de esas variables están conectadas a través de una ley, *siendo la conexión inmediata en el sentido de que la ley no es una relación obtenida resumiendo una cadena de otras leyes*, lo que es cierto para un par de valores debe serlo también para todos los pares sucesivos; en caso contrario, habría alguna diferencia entre el primer par y , por ejemplo, el centésimo, lo que únicamente podría significar una diferencia cualitativa. Esta propiedad característica de las leyes *cardinales* (como propiamente han de denominarse las leyes que se están examinando) constituye la auténtica base sobre la que Cantor establece su famosa distinción entre número cardinal y ordinal. Se llega así, dice Cantor, a la noción de número cardinal haciendo abstracción de la variable cualidad de los elementos implicados y del orden en que se han «con-

tado»¹⁰. De hecho, la primera condición es la fundamental, ya que sin una diferencia cualitativa de algún tipo, el orden en el que contamos los elementos sigue siendo arbitrario y , por lo tanto, deviene inmaterial.

Existe, por consiguiente, una íntima conexión entre la cardinalidad y la linealidad homogénea de una fórmula con la que se expresa una ley directa. En base a este principio, la linealidad no homogénea indicaría por lo general que algunas de las variables poseen sólo una cardinalidad débil. Naturalmente, una relación lineal no homogénea es equivalente a una relación homogénea lineal entre las diferencias finitas de todas las variables.

Un contraste del principio recién expuesto es todavía más instructivo. Para ello, hay que volver a la rama de la física mencionada en último lugar, la de la estructura de la materia. Este campo abunda en cualidades cuantificadas: resistencia a la tracción, límite de elasticidad, flexión, etc. No precisamos sino abrir al azar cualquier tratado de estructura de la materia para convencernos de que ninguna ley que comprenda a tales variables se expresa a través de una fórmula lineal (de hecho, en algunos casos no hay ninguna fórmula sino únicamente un gráfico empíricamente determinado). La razón es, una vez más, sencilla. Sucesivos pesos iguales añadidos pueden considerarse como causas iguales, pero su efecto individual sobre la forma de una viga no es el mismo. Al ser la deformación una cualidad mensurable, el grado n -simo de deformación no es cualitativamente idéntico a ninguno de los grados precedentes ni, por otra parte, n grados de deformación «representan la inclusión de n veces «un grado de deformación». Se llega así al principio correlativo al expuesto en el párrafo anterior: el carácter no lineal es el aspecto con el que el residuo cualitativo aparece en una fórmula numérica de un fenómeno relacionado con la cualidad.

Podría pensarse en refutar esa conclusión a través de la *medición implícita*, esto es, eligiendo una escala ordinal para la cualidad cuantificada de modo que se transformase la relación no lineal en otra lineal. Joan Robinson intentó en una ocasión aplicar esta idea a la eficiencia del factor trabajo¹¹. La razón por la que tal intento fracasó es de carácter general: hay que establecer una medición implícita para *cada* situación a la que se refiere la relación, lo que no sería medición alguna. Además, muchos de los fenómenos relacionados con la cualidad tienen una especie de punto culminante, seguido por un rápido desplome; semejante variación no monótona no puede representarse por una función lineal.

La situación no es tan clara en el caso de la linealidad homogénea. Algunas leyes que abarcan a la cualidad cuantificada se expresan, no obstante, como variaciones proporcionales. Un ejemplo de ello es la ley de Ro-

¹⁰ G. Cantor, *Contributions to the Foundations of the Theory of Transfinite Numbers* (Nueva York, sin fecha), p. 86.

¹¹ Joan Robinson, *The Economics of Imperfect Competition* (Londres, 1938), p. 109 y *passim*.

bert Hooke: la tensión elástica es proporcional a la presión de la carga. Sin embargo, la contradicción es meramente superficial, pues en todos esos casos la fórmula lineal es válida sólo para una zona determinada e incluso para tal zona representa exclusivamente una aproximación práctica, una norma empírica¹². Todos esos casos sugieren que alguna de las restantes leyes actualmente expresadas por fórmulas lineales pueden ser sólo una norma empírica. Un día cualquiera puede descubrirse que el carácter lineal se derrumba fuera de la zona abarcada por experimentos anteriores. La moderna historia de la física ofrece varios ejemplos de tales descubrimientos. Posiblemente, el más instructivo de todos ellos sea la famosa fórmula propuesta por H. A. Lorentz para la adición de velocidades. En la fórmula clásica, derivada del principio de que causas iguales producen efectos iguales sobre la velocidad, tenemos $V = v + v + \dots + v = nv$, que es una función lineal homogénea de n , es decir, de escala. Ahora bien, para la misma situación y como se demuestra fácilmente, la ley de Lorentz da como resultado $V = c [(c + v)^n - (c - v)^n] / [(c + v)^n + (c - v)^n]$. En este caso, el efecto de cada v adicional se reduce juntamente con la escala n . Podemos entender así por qué los físicos no pierden oportunidad alguna de criticar la extrapolación de cualquier ley conocida fuera del campo de los experimentos concretos¹³. Incluso aunque las críticas no se tomen en sentido literal, su base es incuestionable. Parece, por tanto, que si suponemos que la cardinalidad es una propiedad física tendremos igualmente que admitir que también esta propiedad podría estar limitada a una zona determinada del quantum. Se justificaría así la afirmación de Hegel de que los cambios cuantitativos acarrear en último término cambios cualitativos¹⁴, y ello a lo largo de todo el campo de la física y probablemente con una amplitud ni siquiera pretendida por Hegel. En efecto, si la afirmación se aplica a la cantidad en sí misma pierde todo su significado¹⁵.

Por otra parte, ningún físico (que yo sepa) ha denunciado la extrapolación de la cardinalidad, ni mucho menos la existencia de variables cardinales. Para un físico, la medición instrumental típica implica la comparación de dos casos de la *misma* variable. Sin embargo, sólo en unos pocos casos puede incluirse o compararse *directamente*. La longitud y la masa son los ejemplos por excelencia, razón por la que se engloban en el sistema funda-

mental de unidades sobre el que descansa la operatividad instrumental de la física. Aunque el sistema incluya también el tiempo, este no es una variable fundamental en el mismo sentido en el que lo son la longitud y la masa. Para englobar o comparar dos intervalos de tiempo hay que medirlos primero por medio de algún tipo de reloj (que proporciona una medición indirecta del tiempo a través de la longitud). La medición del tiempo, al igual que muchas otras mediciones de la física, se basa en una convención en gran parte arbitraria¹⁶. Precisamente por estas razones, cuando la cardinalidad de la longitud pareció estar amenazada por la fórmula constructiva de Lorentz, fue la cardinalidad del tiempo newtoniano la que se sacrificó en su lugar: la fórmula Einsteiniana para la «contracción» del tiempo salvó la cardinalidad de la longitud. El resultado es que si una variable es de tal tipo que su medición cardinal actual se encuentra establecida dentro de un sistema cerrado —es decir, sin referencia alguna a otras variables a través de cualesquiera instrumentos de medición— es difícil concebir razones en favor de un abandono de la cardinalidad en el futuro. Posiblemente, era propósito de Hegel que se aplicase la cantidad sólo a tales variables primarias.

Sea como sea, descubrimos que algunas variables actualmente consideradas cardinales no lo son realmente —como pasaba con el tiempo y la velocidad—, pero en todo caso no parece posible que ninguna ciencia pueda deshacerse de la cantidad en su totalidad de igual manera que no puede ignorar por completo la cualidad. Y ello porque todas las leyes de la física se reducirían a proposiciones no métricas, topológicas, llegando así su éxito prácticamente a su fin. Esta cuestión es importante, por lo que voy a ilustrarla ahora con algunos ejemplos extraídos de la economía.

4. *El problema del tamaño*. Sin olvidar en modo alguno las advertencias que he señalado en el análisis anterior, por regla general puede esperarse que si las variables *inmediatamente relacionadas* con un fenómeno son cardinalmente mensurables, pueden incrementarse todas ellas en la misma proporción y seguir representando así el mismo fenómeno. En ese caso, la fórmula que describe el fenómeno debe ser homogénea y lineal o, más generalmente, una función homogénea de primer grado. Por otro lado, si una variable determinada es una cualidad cuantificada, parece que nadie puede poner en duda nuestra creencia en que la fórmula será no lineal.

Puesto que la primera situación caracteriza un fenómeno (o un proceso) con *indiferencia del tamaño*, es evidente que el problema del tamaño surge únicamente en el caso de procesos que llevan consigo cualidades cuantificadas, y viceversa. No es preciso añadir que lo mismo sería aplica-

¹⁶ Debido precisamente a que el tiempo no es una variable primaria, E. A. Milne, en *Kinematic Relativity* (Oxford, 1948), p. 37, pudo sugerir con total libertad que el tiempo debía medirse no en la escala t del reloj ordinario sino en la escala t' .

¹² Ejemplos semejantes son mucho más frecuentes en los campos orgánicos. En psicología, la ley de Weber dice que el umbral de percepción es proporcional a la intensidad del estímulo aplicado; en economía, tenemos el Principio de la Aceleración.

¹³ Bridgman, *Logic of Modern Physics*, p. 203; P. W. Bridgman, *The Intelligent Individual and Society* (Nueva York, 1938), p. 13; Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science* (Nueva York, 1958), pp. 85 y s.

¹⁴ *The Logic of Hegel*, trad. W. Wallace (2ª edición, Londres, 1904), pp. 203 y *passim*.

¹⁵ «En la cantidad tenemos un alterable que, pese a las alteraciones, sigue siendo el mismo». *Ibid.*, p. 200.

ble incluso con más intensidad a procesos que implicasen cualidades no cuantificables. La conclusión es que el problema del tamaño se encuentra estrictamente limitado a procesos vinculados a la cualidad.

La cuestión que deseo subrayar es que en apoyo de esa conclusión no he recurrido a una sola prueba no incluida en el campo de la materia inerte. El hecho de que sea la física la que nos enseña que el tamaño se encuentra indisolublemente ligado a la cualidad requiere, por consiguiente, una especial atención por parte de los estudiosos de los fenómenos vitales. Así pues, la opinión predominante en lo que respecta al tamaño, que constituye uno de los más importantes capítulos de la biología y de las ciencias sociales, ha consistido en que el problema aparece exclusivamente en tales ciencias debido a que sólo tienen que estudiar organismos.

La idea de que el tamaño óptimo de un elefante o de un mosquito se encuentra determinado no por el capricho de la criatura o por un accidente sino por leyes físicas relacionadas con cualidades cuantificadas es, curiosamente, relativamente antigua, más antigua que el origen de la biología sistemática. Fue expuesta por vez primera por Galileo de forma tan penetrante que merece citarse textualmente el párrafo en que la resume:

«A partir de lo que ya se ha demostrado, puede observarse con claridad la imposibilidad de aumentar el tamaño de las estructuras hasta dimensiones enormes, tanto en su carácter como en su naturaleza; *lo mismo (sucesivamente) con la imposibilidad de construir barcos, palacios o templos de enorme tamaño* de tal modo que sus remos, vergas, vigas, cerrojos y, en resumen, todas las demás partes se mantengan unidas; y tampoco puede la Naturaleza producir árboles de tamaño extraordinario, pues las ramas se romperían por su propio peso; así, también sería imposible construir las estructuras óseas de los seres humanos, de los caballos o de otros animales mantenidos unidos y llevando a cabo sus funciones normales en el caso de que estos animales aumentasen extraordinariamente su altura, porque ese aumento únicamente podría realizarse empleando un material más duro y fuerte de lo habitual o alargando el tamaño de los huesos, con lo que se modificaría su aspecto hasta el punto en que la forma y apariencia de los animales sugiriese una monstruosidad»¹⁷.

Si los biólogos (incluso desde que Herbert Spencer redescubriera la argumentación de Galileo) han sido capaces tanto de aceptar la idea de la conexión íntima entre el tamaño biológico y las leyes de la estructura de la materia como de explorar minuciosamente sus implicaciones¹⁸, se debe a

que únicamente los biólogos se han interesado por lo que sucede dentro del organismo individual. El habitual complejo de flujos del economista conduce a la postura de que lo que sucede dentro de una unidad de producción afecta exclusivamente al ingeniero y que la economía se ocupa únicamente de los flujos observados a pié de planta, es decir, de los *flujos entre unidades*. Y este complejo de flujos es responsable de muchas visiones miopes del proceso económico.

En realidad, aparte de unas pocas excepciones, los economistas (al igual que otros científicos sociales) se han opuesto a cualquier sugerencia en el sentido de que el concepto general de organismo pueda ser una herramienta útil en su propio campo. Su visión innatamente mecanicista de la explicación científica ha impulsado a muchos a calificar incluso a ese concepto de acientífico y, naturalmente, a negar su uso legítimo en cualquier ciencia especial. Como resultado de ello, sigue sin resolverse en el campo de la economía el problema de si existe un tamaño óptimo de la unidad de producción. Aparentemente cansados de esa controversia sin fin, numerosos economistas han dejado ahora de prestar atención al problema, pero la bibliografía de años y épocas pasadas relacionada con el mismo contiene varias argumentaciones altamente ingeniosas, si bien muy específicas, contra la existencia de un tamaño óptimo. Curiosamente, muchas de esas argumentaciones, a ambos lados de la barrera, implican en realidad analogías biológicas; algunas se desarrollan en términos de «anti-hombres» y «anti-máquinas»¹⁹.

Una de las argumentaciones, la que se enfrenta al problema desde una posición independiente y gusta enormemente a muchos economistas, puede parecer a primera vista tener cierta afinidad con el principio defendido al comienzo de la presente sección. La argumentación afirma que, si se tienen en cuenta *absolutamente todos* los elementos pertinentes de los fenómenos, las leyes de la Naturaleza se expresan siempre a través de funciones homogéneas de primer grado; si —como suele ser con frecuencia el caso— nuestras observaciones nos conducen a un tipo diferente de fórmula, no se trata de una prueba contra esa afirmación sino de un indicador positivo de que hemos ignorado algunos factores. El hecho curioso en torno a esta tesis es que, aun en el caso de que fuese válida, no tiene relación alguna con el problema económico del tamaño óptimo de la unidad de producción. Indudablemente, el problema económico no depende de todos los factores pertinentes, pues algunos de estos son bienes libres. Por otra parte, si se la

Haldane, *Possible Worlds and Other Papers* (Nueva York, 1928), pp. 20-28, pero ninguno la ha abarcado más genial y completamente que D'Arcy W. Thompson, *On Growth and Form* (2 volúmenes, 2.ª edición, Cambridge, Ingl. 1952), I, pp. 22-77.

¹⁹ En lo que se refiere a la crítica de la más popular de esas argumentaciones, véase mi trabajo «Chamberlin's New Economics and the Unit of Production», en *Monopolistic Competition Theory: Studies in Impact*, edit. por R. E. Kuenne (Nueva York, 1967), pp. 31-62.

¹⁷ Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trad. H. Crew y A. de Salvio (Chicago, 1939), p. 130. Las cursivas son mías.

¹⁸ Herbert Spencer, *The Principles of Biology* (2 volúmenes, Nueva York, 1886), I, pp. 121 y ss. Prácticamente todos los biólogos de renombre han escrito sobre esta materia: por ejemplo, J. B. S.