

Ensayos

HECHOS E IDEAS EN LA ERA ATOMICA

(FISICA NUCLEAR Y SOCIOLOGIA)

LA ENCRUCIJADA ACTUAL

EN la vida de los pueblos han fracasado sistemáticamente todos los intentos realizados para perpetuar una forma social o política estática. De ahí se infiere que los sistemas sociales o políticos sólo tienen una posible pervivencia si se les dota de un grado amplio de flexibilidad que les permita evolucionar conforme vaya transformándose la sociedad en el transcurso del tiempo. La experiencia prueba, en efecto, que no es posible encajar los problemas y necesidades de cada instante dentro de estructuras que han sido válidas en una época ya superada.

Nuestra época se halla ante nuevos problemas cuya solución se intenta encontrar utilizando fórmulas viejas que estaban vigentes hasta ella. Esta contradicción es frecuente en la Historia, pero reviste ahora una gravedad mayor que en cualquier otro período del pasado, porque hoy día ha adquirido un ritmo de extraordinaria rapidez la revolución provocada por los avances técnicos, el aumento de población y las necesidades económicas. Así, cada hora que pasa se hace más evidente que vivimos ante intensas perturbaciones que están provocadas por la inadecuación entre ese ritmo y los sistemas establecidos, cuya destrucción y sustitución por otros debía ya haber tenido lugar.

En lugar de adaptarse plenamente a las nuevas realidades, muchos Estados apelan a la violenta y primaria fórmula del despotismo para hacerlas frente; mientras que otros países vacilan

entre los principios de autoridad y libertad, paralizando toda posible definición de una política sana donde la meta del libre desarrollo humano pudiera compaginarse con la concentración de esfuerzos que requieren las exigencias militares y estratégicas (1). En estas circunstancias, la sima entre la realidad de los hechos y las estructuras social-políticas vigentes se agranda en lugar de disminuir, poniendo en peligro el futuro de la Humanidad porque la conducen a una situación caótica en que, o bien se arriesga la propia existencia del planeta —por la amenaza de guerra nuclear— o bien se extiende una dictadura más o menos encubierta del Estado.

Así como en el orden interno es muy posible que llegue una época donde sea general un sistema de dictadura dentro del cual la personalidad individual se difumina ante una nueva ética de masas, en el campo de las relaciones internacionales ocurre ahora que, cuando más se habla de la integración, por ser la única fórmula viable para la mejora de la vida material y moral de los pueblos, más se está presenciando un rebrote de las nacionalidades, una atomización del mundo en múltiples y minúsculos Estados incapaces de establecer un mercado amplio de consumo y de organizar una economía próspera. La simple comparación de las listas anuales de miembros de la O. N. U. muestra el gran número de Estados surgidos desde 1945, en un proceso de independencia que se ha agudizado recientemente por la desintegración de los antiguos imperios coloniales en Asia y Africa. Es un fenómeno histórico inevitable porque no cabe la permanencia del colonialismo dentro de las nuevas concepciones de vida. Sin embargo, la mencionada atomización de Estados dista mucho de ser una solución internacional en tanto la política exterior de los mismos siga siendo contraria a la integración que exige la economía moderna; todo ello sólo puede redundar en perjuicio de la paz del mundo y hasta en la paralización del progreso material de los propios pueblos interesados.

(1) Probablemente el libro más revelador sobre las dificultades que plantea la conjugación entre autoridad y libertad es *The Constitution of Liberty*, de F. A. HAYEK.

En general, tan grave es la falta de orientación, la carencia de nuevas ideas con las que se pueda sustentar la Humanidad, que hoy día se vive exclusivamente de hechos, de cifras. La vida de los grupos sociales se organiza a base de una pura técnica de poder. Por eso la pugna entre Estados y sistemas políticos ya no se fundamenta en ideales, porque éstos se han difuminado: únicamente se alude por los dirigentes a la mayor o menor posesión de instrumentos de destrucción, a la mayor o menor capacidad adquisitiva *per capita*, al mayor o menor grado de riqueza.

En tales condiciones, lo que predomina es la masificación—que no sólo es un fenómeno material, sino un estado mental—, donde las conquistas espirituales se borran ante el viejo lema de *panis et circensis*. Los pueblos, considerados en su conjunto, no muestran interés hacia lo que constituya un perfeccionamiento intelectual o una reivindicación moral (2); así se ha refugiado el mundo en un materialismo ciego, precisamente cuando tenía ante sus ojos el comienzo de la gran aventura interplanetaria y la posibilidad de derribar los localismos.

Basta citar dos hechos recientes de entre los innumerables síntomas que podríamos hallar para establecer el diagnóstico de nuestro tiempo: cuando se hacen encuestas entre los obreros europeos sobre sus aspiraciones, la inmensa mayoría manifiesta el deseo de igualar el poder de compra del trabajador norteamericano; cuando la Prensa de Estados Unidos refleja en 1959 y 1960 la inquietud nacional ante los avances soviéticos en producción, proyectos espaciales y política expansionista, entra en el juego del adversario y casi unánimemente clama por el aumento del número de físicos, matemáticos puros, investigadores e ingenieros, desentendiéndose de cuanto pueda referirse a problemas ideológicos, conceptuales. El axioma *primum vivere et deinde filosofare* se lleva demasiado lejos, olvidándose que la vida humana debe consistir en una compleja armonía entre la satisfacción de las necesidades materiales y el pensamiento que trasciende de éstas.

Por ello, cuando el avance increíble de la ciencia y de la téc-

(2) V. LAURAT: *Problèmes actuels du socialisme*.

nica se utiliza en casi todas partes por personalidades mediocres intelectualmente que sólo entienden de la política de puro poder, cuando la mayor parte de los pueblos va perdiendo insensiblemente toda posibilidad de sentido crítico y limita sus reivindicaciones al aumento de la capacidad adquisitiva, cuando la libertad en tantos y tantos países es una pura ficción, cuando los Estados caen bajo el dominio de minorías burocráticas civiles y militares que educan a las nuevas generaciones en la obediencia y en la atonía, es más que nunca preciso llegar a una revisión de la situación que estamos viviendo.

En este aspecto necesitamos ir al mismo fondo de la cuestión. Y ello consiste en ver si en el estado actual de la ciencia o en su evolución previsible surge la posibilidad de unas nuevas ideas, de una filosofía de la existencia aplicable a los problemas técnicos, demográficos y económicos surgidos en el mundo. El hombre precisa ideas, y sin éstas se encamina a su autodestrucción, porque sólo puede calificarse de autodestrucción la renuncia a las conquistas intelectuales, la renuncia a trascender de lo meramente material.

Al llegar a este punto, y como toda teoría de las concepciones del mundo parte de lo que concebimos por realidad —eso que Ortega y Gasset denominaba la realidad radical—, la revisión que proponemos debe necesariamente determinar qué es lo que puede ser interpretado como lo real a la luz de nuestros conocimientos actuales.

EL OBJETIVO FINAL DE LA CIENCIA

Se ha dicho en ocasiones que el objetivo de la ciencia es contestar el cómo de las cosas, mientras que el de la filosofía es responder al por qué. Quiere decir ello, por ejemplo, que cuando estudia la electricidad un científico, lo que le interesa es la forma en que actúa y no el conocer en qué consiste (3). Ahora bien, en

(3) V. DA ANDRADE: *An approach to modern Physics*.

la práctica no es posible reducir el objetivo de la Física al estudio de la manera en que se producen los distintos fenómenos naturales, porque la formulación de las leyes que rigen éstos exige investigar las causas de los fenómenos y, entre éstas, no sólo figuran las propiedades que podríamos llamar mecánicas o de acción, sino también las características, la composición de la propia materia. En tal punto conviene observar que la investigación científica se hace verticalmente: conforme se va descubriendo cada aspecto de la materia inanimada, se ve que está indisolublemente unido a otro nuevo aspecto antes desconocido, quien constituye su causa directa, y así, mientras que de una parte la ciencia examina las consecuencias teóricas y prácticas de cada hallazgo, se encuentra con que éste le conduce simultáneamente a adentrarse en el mundo de las causas materiales y a contestar, por tanto, el porqué de las hipótesis y leyes de trabajo formuladas.

Por consiguiente, si llegamos a la conclusión de que la realidad física consiste en la compleja trama de las causas de la materia y del comportamiento de ésta, la ciencia es, ante todo, un continuo intento de penetración en lo real: tal es la opinión a que han llegado la mayor parte de los investigadores contemporáneos. Por eso, bajo ese mismo término de la penetración en lo real, encabezaba François Le Lyonnais su ensayo sobre el balance de la labor científica realizada desde 1900 hasta 1950.

El instrumento fundamental de que se vale la ciencia para cumplir tal misión es el de la medida (4). Todos los avances en las ciencias exactas son resultantes de la precisión o veracidad de las mediciones, porque tales ciencias son en primer término experimentales, y la experiencia sólo puede hacerse utilizando magnitudes de medida. De ahí la idea de que sólo se consideren como permanentes en Física los resultados experimentados. Sin embargo, con ser tan importante, el acto de medir no es lo único que se hace, ni tampoco se realiza caprichosamente: responde a una finalidad y a una postura previa. A esta última característica se debe la observación, necesariamente aceptada, de que los mé-

(4) KAMERLING ONNES.

todos de la ciencia implican ante todo una elección y una abstracción. En efecto, al examinar el mundo exterior que le rodea, el científico tiene necesariamente que elegir un aspecto del mismo, sabiendo *a priori* que ese aspecto no es la realidad en sí, sino una parte de tal realidad. Así vemos que una mesa tiene interés para el físico-químico desde el punto de vista de las fuerzas mecánicas que la mueven o la inmovilizan, o en lo que concierne a la distribución de los átomos que la integran; para el economista interesará conocer su costo y sus posibilidades de venta; para un artista interesará su integración en un orden plástico de colores y formas que quizá sólo existen en su mente (5). En todo caso, para el propio físico sólo es posible estudiar un número limitado de problemas. Se encuentra, pues, con que sólo aborda ciertos aspectos de la realidad.

Analizando este hecho llegó Max Planck a la idea lógica de que los datos aportados por la ciencia no «constituyen» el mundo físico, sino que traen mensajes de otro mundo que está detrás y que es independiente porque existe un ordenamiento real del que la ciencia sólo nos da un aspecto.

Estos mensajes —los descubrimientos de los investigadores— son cada vez más numerosos; pero también conducen a muchos errores, como luego se prueba experimentalmente. En efecto, sorprende ver lo efímero de la existencia de una gran parte de las teorías científicas que nos deslumbran cuando se formulan. Sin embargo, tanto las tesis erróneas como las exactas tienen una cosa en común y es (6) que tratan de reconstruir el mundo partiendo de un principio general, de una raíz final de explicación. En tal sentido, y aunque el científico sabe que sólo contempla una parcela de la realidad, trata de alcanzar a través de ella la síntesis final de las cosas. Como dice Werner Heisenberg (7), en

(5) Tomamos ejemplos y puntos de vista tratados por DA ANDRADE, obra citada, y por EDDINGTON: *Naturaleza del mundo físico*.

(6) BOUASSE.

(7) *La imagen de la ciencia en la Naturaleza*.

la ciencia cualquier problema parcial se subordina a la gran tarea de la comprensión del todo.

En último extremo, pues, la aventura de la ciencia es el enfrentamiento con el problema íntegro de lo real, que le está oculto por un número infinito de barreras. Históricamente empieza esa lucha desde que el hombre se pregunta el porqué del orden natural que le rodea, y quien tiene primero conciencia de ello es el pueblo griego, para el cual la palabra verdad quería decir descubrir, quitar los velos que cubren a nuestro mundo exterior.

Por lo tanto, si se quiere comprender el influjo que puede ejercer hoy día la ciencia en la marcha de la Humanidad, debe examinarse la concepción a que ha llegado sobre la realidad; y ¿corresponde ésta al materialismo que ha inundado la sociedad actual formando la arena movediza en que vive el hombre?

Para responder a tal interrogante hay que ahondar en el fértil terreno de la Física, sin dejarse ofuscar por los avances deslumbradores de la técnica, que es un mero desarrollo práctico de los principios teóricos.

LA IDEA DE LA REALIDAD EN LA FÍSICA ATÓMICA

Para la investigación de la realidad coincide la ciencia con la filosofía en dos apreciaciones generales. Una de ellas es la mutabilidad, el constante fluir y cambiar de los objetos sensibles; la otra consiste en estimar que lo esencial es completamente diferente de aquello que percibimos y palpamos.

Esa coincidencia se ha mostrado en toda su pureza con la escuela de Mileto a lo largo del siglo VI a. J. C. En efecto, respondiendo al hecho cierto de que la Humanidad desde su aparición en la Tierra se encuentra en pugna con la Naturaleza para comprenderla y dominarla, la Filosofía es en sus comienzos una misma cosa que la Física, intentando de Tales a Demócrito encontrar un principio unificador a la infinita mutabilidad y variedad del mundo exterior que el hombre tiene ante sí. En aquel siglo presenciamos una verdadera revolución en los métodos del pen-

samiento humano, porque se trata por primera vez de explicar racional y empíricamente la causa de todos los fenómenos naturales sin acudir al mundo de supersticiones y fantasmagorías en que se desenvuelve el hombre primitivo. Esta causa es de carácter material según Thales, quien creía que el agua es el origen de cuanto existe, o según Anaxímenes, quien creía que es el aire, o según Heráclito, quien creía que es el fuego, y sólo trasciende de lo propiamente natural para Anaximandro, que habla de una sustancia inmaterial e imperecedera, que es el infinito. Pero, en cualquier caso, lo común a los físicos jónicos que en el siglo VI antes de J. C. intentan trazar la cosmografía de una naturaleza que desean conocer experimental y lógicamente, es la creencia en un principio último que explicaría la continua fugacidad del orden sensible.

Entre todos ellos, Anaximandro es el que podría representar el punto de equilibrio entre el pensamiento mítico-religioso con que hasta entonces el hombre trata de explicarse los fenómenos primordiales de la vida y el nuevo criterio racionalista con que el pueblo griego quiere dominar la naturaleza mediante la técnica y la explicación experimental. Este filósofo, en efecto, aun cuando sigue los métodos de Thales de Mileto —y parte, por ello, de la observación como instrumento de trabajo, así como de la necesidad del raciocinio objetivo sobre la Naturaleza— llega a la conclusión de que la realidad última, es decir, la sustancia primaria de la que deriva toda la materia no puede ser una causa material, como para Thales o Anaxímenes; tiene que ser forzosamente distinta a cuanto conocen nuestros sentidos.

Ahora bien, a partir de ese instante, la filosofía griega se desliga de la Física, se encamina hacia el problema del ser *per se* y a las cuestiones morales, inspirándose la nueva metafísica en la creencia de que la infinita diversidad de la naturaleza en que el hombre penetra sólo puede explicarse en último término por un principio eterno e inmaterial. Abandonando el método experimental y el examen racional de los objetos perceptibles, esto acaba conduciendo, en la filosofía platónica, a la afirmación de que lo real está constituido por las ideas, por el orden del espíritu, mien-

tras que las cosas sensibles son todas ellas fugaces. Así, en el *Fedón* se dice que no sufren cambio alguno, por pequeño que sea, la igualdad, la belleza, la bondad y toda existencia esencial, que, por ser pura y simple, permanece siempre la misma en sí. Todas las otras cosas no permanecen en el mismo estado ni en relación a ellas ni en relación a las demás. Estas son las cosas que se pueden percibir por los sentidos; en cambio las esenciales sólo pueden percibirse por el pensamiento, porque carecen de materia y no se pueden ver. Si profundizamos en el sentido del *Fedón* vemos que este diálogo inmortal es realmente un grito de liberación del hombre ante la muerte, a quien no puede temer porque el alma es indisoluble; pero también se deja a un lado el problema de la Naturaleza.

Con Platón empieza así una nueva etapa del pensamiento humano que va a durar largos siglos y en la que el desarrollo de la ciencia, como método experimental de estudio y control de la Naturaleza, va a producirse con gran lentitud. Esto es debido a un proceso progresivo de introducción en que el hombre se enfrenta con problemas trascendentales muy alejados del pensamiento de Thales de Mileto. Es un período histórico donde se lleva a cabo una profunda revisión de los valores morales; y al igual que se había hecho en el siglo VI con la Física, la Humanidad se separa del pensamiento mítico en cuanto concierne al tema del hombre y al de su relación con la Divinidad. Esta revisión se intensifica después del seísmo de la caída del Imperio romano, con la llegada de los pueblos bárbaros y la lenta formación de los Estados europeos: durante toda la Edad Media el problema del hombre, enfrentado ante sí y ante su salvación, es el único que importa intelectualmente, por lo cual la cultura gira en torno al eje de una preocupación ultra-natural, moral y religiosa.

Para variar tal situación hacía falta otro ambiente, y éste es el que aporta el Renacimiento, donde surge un nuevo ritmo de vida y una nueva inquietud intelectual; el cambio es fundamental para el desarrollo científico, aunque conviene tener presente que no se modifican las concepciones filosófico-religiosas funda-

mentales: en dicho aspecto el Renacimiento mantiene las esencias del Cristianismo, siguiendo una línea de pensamiento permanente.

Producto del dinamismo que inunda aquel momento histórico es Galileo, quien con su solo esfuerzo personal pone en marcha verdaderamente la gran aventura de la ciencia que François Le Lyonnais ha definido como la penetración en lo real. No es que el experimento pase a ser entonces el método básico de la ciencia natural, porque, como han demostrado los antropólogos modernos, desde la Prehistoria el conocimiento de la Naturaleza sólo se ha hecho experimentalmente. Lo que varía es la concepción cosmogónica: sin rechazar la metafísica y la ética del medievo se vuelve al punto de partida de la Física jónica tratándose de explicar la Naturaleza en sí, buscando racionalmente la causa material de las cosas que nos rodean. Se entra así de lleno, con una intensidad y una energía no conocidas hasta entonces, en la investigación de las leyes que rigen mecánicamente el Universo; y con Newton, el otro gran gigante sobre el cual va a operar la Física, se da forma definitiva a unas leyes cuya validez acaba siendo admitida como inmutable y que son el fundamento de un colosal progreso técnico. La mecánica de los cuerpos sólidos, de los flúidos o de los cuerpos elásticos, la acústica, la termodinámica, los fenómenos de electricidad y magnetismo, la astronomía, todo, en suma, lo que forma el macrocosmos físico pareció regulado después de Newton de una forma matemática, objetiva, libre de error.

Tales conquistas tenían que influir fatalmente con el tiempo en la postura ante el problema de la realidad. El científico operaba exclusivamente en el mundo de lo sensible y así terminó aceptando sólo aquello que podía percibir y probar con magnitudes materiales. Su trabajo se centraba no sobre esencias ideales, sino sobre lo que llama gráficamente Eddington la sustancia familiar, que es lo que extrae de la experiencia sensible y puede percibir en sí o en sus resultados. En tales circunstancias, la ciencia es lógica consigo misma cuando llega en el siglo XIX a un materia-

lismo absoluto, estimando que lo duradero en la mutabilidad e infinita gama de los fenómenos físicos era la materia.

Para ello hizo resurgir la vieja teoría de Demócrito, que explicaba la unidad de ser con el átomo como última e indestructible unidad de la materia. No era una posición caprichosa, sino que se basaba en un descubrimiento. Los químicos del XIX encontraron los llamados elementos o cuerpos simples, que al parecer no podían descomponerse, formulando entonces lo que se denomina la hipótesis atómica (8): «un cuerpo simple está formado por pequeñas partículas idénticas entre sí que por definición son los átomos de este cuerpo simple; los cuerpos compuestos están formados por moléculas constituídas por la unión, en proporción invariable, de átomos de los cuerpos simples constituyentes.» Completada esta hipótesis por Avogadro, pasó a ser el pivote del materialismo físico, cuyo triunfo pareció indestructible porque pudo demostrarse experimentalmente que el átomo era un corpúsculo existente no una especulación ideal.

De esta forma la ciencia estimaba que la última realidad era un principio unificador de carácter material, tangible. Sin embargo, en llegando a esta conclusión, apenas se ahondó en ella, porque la investigación se extendía febrilmente hacia un número cada vez mayor de problemas parciales.

El hecho es que la hipótesis atómica se encuentra casi al final de un camino que consistía en buscar causas materiales a todo lo existente y en alejarse de todo lo que estuviera fuera de la experiencia sensible. Quien ha reflejado mejor esto ha sido Eddington cuando dice que la ciencia tiene muchos deberes que cumplir aparte del de aprehender el esquema de la estructura del mundo. Prácticamente, en el siglo XIX la ciencia deja de tratar de la realidad; trabaja con realidades. La diferencia que hay entre realidad y realidades es trascendental. Apenas se cala en lo que es en sí el problema de la explicación última, que se transforma en un término convencional, casi sin sentido por su

(8) V. BROGLIE: *Física y microfísica, Materia y luz, Continuidad y discontinuidad en la ciencia física.*

propia superficialidad. Por ello se habla de realidad social, de realidad política, de realidad física, etc., como todavía vemos hoy emplear con frecuencia por los tratadistas.

Ahora bien, a partir de 1900 la ciencia física ha sufrido una revolución de tal magnitud que ha sido preciso revisar cuantos conceptos estaban establecidos entonces como si fueran inamovibles. De esa nueva conmoción tuvo una clara conciencia Ortega y Gasset que al escribir en 1933 *En torno a Galileo* señalaba: «Existen no pocos motivos para presumir que el hombre europeo levanta sus tiendas de ese suelo moderno donde ha acampado durante tres siglos y comienza un nuevo éxodo hacia otro ámbito histórico, hacia otro modo de existencia; esto querría decir: la tierra de la Edad Moderna que comienza bajo los pies de Galileo termina bajo nuestros pies.» Desde 1900 hasta el año en que escribe Ortega esas líneas ya habían tenido lugar los trascendentales descubrimientos de Planck, de Rutherford, de Bohr, de Einstein, de Broglie de Heisenberg, de Lorentz y de tantos otros. Después de 1933, la liberación de la energía atómica, la cibernética, la aventura espacial, el avance vertiginoso de la ciencia teórica, y una lista inacabable de progresos en el dominio de la Naturaleza, exigen un replanteamiento que ha esquematizado con toda autoridad Heisenberg en *Physics and Philosophy*.

¿En dónde estriba ese cambio revolucionario?

La Mecánica newtoniana, en que ciertamente se apoyaba toda la Física clásica, estaba estructurada sobre diversos elementos: a), cinco magnitudes primarias: fuerza, masa inercial, masa gravitatoria, espacio y tiempo; b), continuidad de la acción mecánica.

Las cinco magnitudes citadas, como todas las demás utilizadas en Física, tenían una vigencia universal, absoluta, no dependientes del espectador, y ello provenía del principio de objetividad según el cual la realidad física puede definirse sin que influya la posición del sujeto que la examina. No obstante, la teoría de la relatividad ha demostrado que sólo muy pocas de las magnitudes conocidas tienen una validez absoluta; casi todas son relativas. La trascendencia que esto tiene en el terreno de la

ciencia no se ha podido calcular todavía por completo y lo mismo ocurre en el orden de la especulación filosófica.

Por lo pronto, el tiempo y el espacio no pueden entenderse ya independientemente entre sí, quedando fundidos en un continuo espacio-temporal. El tiempo universal es una pura ficción porque depende de la velocidad a que se mueve el espectador, y por eso al preverse los viajes interplanetarios se ha visto que invirtiendo un número x de años en el viaje, desde el punto de vista de la Tierra, los viajeros encontrarán a su regreso que han transcurrido menos años (9); en la mecánica de Newton era fundamental considerar que entre pasado y futuro debe existir un presente infinitamente corto, mientras que en la relatividad el presente tiene una duración finita proporcional a la distancia que hay entre el espectador y el acontecimiento. A su vez, en lo que concierne al espacio, se ve que las medidas de longitud son forzosamente provisionales porque dependen de la velocidad; esta misma es relativa porque la calculamos con respecto a la Tierra y, en consecuencia, tiene que variar en otro planeta cuyo movimiento fuera diferente. En suma, el marco espacial desde el que se hace la medición de las magnitudes es decisivo para su determinación (10).

Por lo demás, dicho marco de espacio influye no sólo en las magnitudes sino hasta en la propia calificación de muchos fenómenos físicos. Así ocurre, por ejemplo, que un cuerpo inmóvil en la Tierra y cargado eléctricamente da lugar a un campo eléctrico pero no magnético. Sin embargo, para un observador en la nebulosa el cuerpo se mueve a la velocidad de 1.600 kms./segundo, es decir, a la velocidad de la Tierra; lo que verá, pues, será una carga eléctrica en movimiento, que es una corriente, y ésta da lugar a un campo magnético. La Mecánica newtoniana no podía, en modo alguno, admitir esos dos resultados contradictorios,

(9) Teoría de G. THOMSON.

(10) V. *Revisión de la teoría de la relatividad*, de J. PALACIOS, donde se estudian con originales puntos de vista los problemas que plantea el universo de Minkowski, las ecuaciones de Lorentz, Lagrange, Hamilton, Einstein, etc.

porque estaba construida totalmente sobre el principio de causalidad en su sentido estricto, conforme al cual una causa produce unívocamente un efecto y, a la recíproca, un efecto responde a una causa. Por consiguiente, en el ejemplo que hemos considerado, uno de los dos resultados tendría que ser erróneo; en cambio, de acuerdo con la teoría einsteniana, los dos son igualmente exactos. Todo depende, repetimos, de la posición en que se estudie el fenómeno, es decir, del marco espacial (11).

Las conclusiones de la teoría de la relatividad ampliaban de repente a los físicos el horizonte de su campo de acción, porque abarcaban —con una simplicidad y una profundidad sólo comparables en intuición genial a las de Galileo y Newton— el conjunto de un universo, que además ya no aparece como ilimitado y eterno sino como finito y hasta posiblemente temporal. Ahora bien, a pesar de esta proyección gigantesca de la ciencia, sin la cual no hubiera sido posible la aventura de los viajes siderales que hoy empezamos a vivir, la relatividad no cambió en sí el sistema de la Física clásica. Aparte de que subsistían una serie de magnitudes absolutas, lo que en el fondo hacía la teoría de Einstein era dar a la Mecánica newtoniana unas variantes que antes ni había sospechado. Así, pues, a lo sumo, representaba un nuevo sistema de concepciones físicas que no podían integrarse en el de Newton, pero no era opuesto a éste, sino en todo caso complementario; quizá en el sentido del principio de complementariedad a que luego haremos referencia, cuando se trata del carácter corpuscular-ondulatorio de la radiación.

El cambio verdaderamente profundo se opera en la investigación de la materia, no en el desarrollo de la Mecánica clásica.

La primera grieta en la idea de que el átomo era el principio material último, surgió en la segunda mitad del siglo XIX con el desarrollo de la teoría de la electricidad, cuando se demostró, con el estudio de la electromecánica, que junto a la materia e independiente de ésta existen los campos de fuerzas, cuya estructura final no puede ser corpuscular. Efectivamente, las teorías de Fara-

(11) V. EDDINGTON: *La naturaleza del mundo físico*.

day y Maxwell dieron lugar a un nuevo e importantísimo capítulo de los estudios científicos; las ecuaciones de movimiento formuladas por ellos no se aplicaban a los cuerpos, sino a los campos de fuerzas. Al principio no se aceptó este descubrimiento en todo lo que tenía de revolucionario, y la mayor parte de los científicos equipararon la teoría de Maxwell sobre las ondas luminosas con la teoría de las ondas acústicas en los cuerpos elásticos, creyendo que aquéllas en realidad eran el producto de las deformaciones de un medio elástico llamado éter. Sin embargo, esa interpretación, que no servía para explicar la inexistencia de ondas luminosas longitudinales, tuvo que ser abandonada desde que la teoría de la relatividad demostró que el concepto de éter como sustancia era equivocado. Por lo tanto, los campos de fuerzas tuvieron que ser considerados como una realidad, y ya desde ese momento al lado de la materia figuraba otra realidad que no podía ser reducida a materia, obedeciendo a leyes mecánicas diferentes, aunque su estructura era, y sigue siendo, completamente desconocida.

Aquí encontramos, pues, una primera excepción a la realidad material de explicación que constituía el soporte de la física clásica y hasta dijéramos de toda la concepción del mundo típico del cientifismo reinante en el siglo XIX.

Por lo demás, en lo que concierne a la materia, ocurrieron en 1900 dos hechos fundamentales que hicieron imposible ya aceptar el átomo como corpúsculo de que deriva todo el mundo sensible. Nos referimos a la formulación de la teoría de Planck sobre los cuantos de acción y al descubrimiento de Rutherford sobre la constitución del átomo.

El primero de estos hechos concierne a la discontinuidad de la radiación y con él se modifican todos los postulados relativos no sólo a la continuidad de la acción mecánica, sino también al principio de causalidad en que se fundaba el racionalismo filosófico y científico desde Grecia. El segundo termina con el concepto del átomo como partícula elemental *per se*.

La teoría de los quanta tiene su origen en el hecho de que al estudiar la radiación negra Max Planck había hallado un ele-

mento de discontinuidad en los fenómenos de radiación, demostrando que el átomo radiante despidе su energía con discontinuidad, a intervalos, como si fuera una acción entrecortada. Planck llegó a la intuición genial de que la acción mecánica se comporta como si estuviera formada por partes indivisibles cuya magnitud logró expresar matemáticamente en una constante h , llamada desde entonces constante de Planck, que es infinitamente pequeña, siendo su valor de $(6,610 \pm 0,012) \times 10^{-27}$ ergios \times seg. (es decir, el producto de una energía por un tiempo o también el producto de una cantidad de movimiento por una longitud). Ahora bien, como la acción no puede asimilarse a la materia, lo que verdaderamente indica el cuanto de acción sólo fué más tarde desarrollado merced a la teoría de incertidumbre con que Heisenberg demostró la imposibilidad de aplicar el principio de causalidad en la microfísica. La física clásica había partido de la base de considerar el espacio y el tiempo como algo fundamentalmente estático, en el sentido de que todo cuerpo tiene una localización exacta en el tiempo y en el espacio en cada momento. Heisenberg demostró que es imposible conocer en un corpúsculo a la vez su movimiento y el lugar exacto en el tiempo y en el espacio. El cuanto de acción es en realidad lo que señala los límites entre los cuales son compatibles los conceptos de localización en el espacio y en el tiempo y del movimiento. Si px es una de las componentes de la cantidad de movimiento de un móvil y x la coordenada correspondiente, las incertidumbres Δpx y Δx que después de toda observación subsisten sobre el valor de estas magnitudes, estarán ligadas por la desigualdad $\Delta px \cdot \Delta x \geq h$. Una relación análoga, $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ existe entre la incertidumbre sobre la energía y la incertidumbre en la localización en el tiempo.

En el macrocosmos el cuanto de acción que tiene un valor extraordinariamente pequeño no tiene ninguna importancia, y por ello la acción mecánica se comporta como si fuera continua; en cambio, en el mundo de la microfísica la acción es discontinua y al igual que la mayoría se comporta discontinuamente; explicándose siempre esta discontinuidad por los cuantos de Planck.

Por otra parte, las experiencias llevadas a cabo en 1900 por

Rutherford sobre las desviaciones sufridas por los rayos alfa de los cuerpos radiactivos durante su paso a través de la materia, se comprobó que el átomo no era la última partícula irreductible de la cual derivaba todo cuerpo material, sino que constituía un edificio complicado formado por otros cuerpos más pequeños, que en su conjunto daba lugar a una especie de sistema planetario. Este modelo planetario, que fué desarrollado brillantemente por Bohr en 1913, fué el punto de partida de una nueva rama de la ciencia física, que tenía por objeto estudiar el mundo atómico, donde no eran válidas tampoco las leyes del macrocosmos. En resumen, lo que se había considerado como la última *ratio* de la materia, el átomo, aparecía como un compuesto de otras partículas más pequeñas aún, cuyo estudio iba a tener una extraordinaria complejidad e importancia.

Al principio, con los descubrimientos de Rutherford y de Bohr se creyó que el átomo estaba integrado por un núcleo central, el protón, en torno al cual giraban los electrones. Posteriormente, se logró dividir el protón con el descubrimiento del neutrón, y así en el cuarto decenio de nuestro siglo parecía que se había avanzado en la reconstrucción de la unidad de la materia, reduciendo ésta, en último extremo, a tres únicas partículas elementales: protones, neutrones y electrones, siendo las 92 clases distintas de átomos o elementos químicos hasta entonces conocidas 92 combinaciones diferentes de aquellas partículas.

Sin embargo, desde que en 1938 Otto Hahn descubre la fisión nuclear, se llega cada vez más lejos en el desarrollo de los aparatos productores de altas energías, y las experiencias en el mundo de la microfísica con el tratamiento de los grandes aceleradores da lugar al continuo descubrimiento de nuevas partículas elementales. Estas partículas, de las cuales la última descubierta es el positrón intuído por Dirac y comprobado por Chamberlain, se caracterizan por su inestabilidad: surgen y desaparecen en fracciones de tiempo increíblemente pequeñas, y por ello no parecen tener el carácter de estabilidad del protón, neutrón y electrón, que en todo momento son partes integrantes del átomo. Una de estas nuevas partículas tiene una existencia de una millonésima de se-

gundo aproximadamente, otra no vive más que la centésima parte de dicho tiempo, otra sólo dura una cienmillonésima de segundo. Sin embargo, hay una cosa cierta e irrefutable, y es que por grande que sea su inestabilidad, forman parte de la materia igual que las otras partículas elementales.

De esta manera, al cabo de pocos años, se ha derrumbado el edificio sobre el cual estaba construída la Física. Frente a la unidad de la materia resulta que hoy tenemos un número de partículas elementales distintas entre sí y que además tienen la cualidad de poder transformarse unas en otras; incluso cuando chocan dos partículas elementales dotadas de gran energía cinética, se producen nuevas partículas. Heisenberg ha tratado de hacer frente a este caótico estado de cosas formulando la teoría de que las partículas elementales no constituyen más que distintos estados estacionarios de una realidad última que es la energía. La física actual participa en su totalidad de esta creencia, según la cual la energía es la última raíz de todas las cosas, lo que Heisenberg llama materia universal. Es una bella teoría que recuerda al mito helénico de Prometeo, quien creó la vida en el hombre robando una centella en el carro de fuego del sol. Pero, en definitiva, se oculta el hecho de la multiplicidad de partículas primarias refiriéndose a un ente cuya estructura final se desconoce. Por su misterioso sentido es una posición muy parecida a la de Anaximandro, cuando éste hacía derivar todo el mundo sensible del infinito. El ciclo histórico de veintiséis siglos se cierra así, y la ciencia, ante el imposible número de berreras que se le oponen, termina convirtiéndose en metafísica, en la aspiración a la definición de un ser *per se* cuya comprobación experimental no puede hacer, pero en la que hay que creer para avanzar.

Por otra parte, el caos ante el problema de la realidad en Física aumenta si se tiene en cuenta la concepción dualista de la luz, desarrollada por Broglie. En un principio, la teoría ondulatoria de la luz era la única capaz de explicar los fenómenos de interferencia y de difracción, pero posteriormente quedó completamente demostrado que la luz estaba constituida por corpúsculos elementales denominados fotones. El descubrimiento de Broglie

consiste en comprobar que ambos aspectos, el corpuscular y el ondulatorio, no son contrarios entre sí, sino complementarios, siendo ya indiscutible hoy día que la luz se comporta a la vez como un fenómeno corpuscular y ondulatorio. Esta teoría fué mucho más lejos, ya que se aplicó a las partículas materiales, dando lugar, entre 1923 y 1927, a la mecánica ondulatoria, que parte del principio de que toda partícula material tiene, como los fotones, sus ondas asociadas a campo de ondas.

Esta aplicación de las mismas concepciones a la luz y a la materia se ha confirmado desde el momento en que las experiencias hechas con las grandes máquinas aceleradoras, llegando a energías superiores a los 25.000 millones de voltios, han permitido saber que las partículas materiales pueden desaparecer y dar lugar a una radiación, mientras que, recíprocamente, la radiación es susceptible en todo momento de transformarse en materia; en efecto, dos electrones de signo contrario pueden aniquilarse, dando lugar a la emisión de dos fotones de radiación, y viceversa. Conviene tener presente, al efecto, que se habla de radiación y no de luz, porque ésta es sólo una fracción de los fenómenos radiantes, en los cuales se encuentran también las radiaciones electromagnéticas, las ultravioleta, los rayos X y las rayos gamma.

Pues bien, si en el ejemplo anterior se comprueba que la energía de los dos electrones se conserva en forma de energía radiante, o recíprocamente la energía de un fotón puede conservarse en la forma material de dos electrones, se llega al resultado del principio de conservación de la energía, cuya validez experimental parece hoy irrefutable.

Partiendo de tal principio, aceptado en macrofísica y en microfísica, hay razón para estimar que la realidad última es la energía, de la cual podría decirse que la radiación o la materia son estados estacionarios las formas en que aparece. Ahora bien, llegando a este punto, la cuestión principal es saber en qué consiste la energía. Y aquí es donde no hay respuesta, como ocurre con otros factores esenciales de la Física, como son la fuerza (todo aquello capaz de producir un movimiento), el calor (lo que pasa de un cuerpo caliente a uno frío; queriendo decir que no puede

hablarse del contenido del calor en un cuerpo sino sólo cuando pasa de uno a otro) y otros conceptos fundamentales, con los cuales la ciencia opera por sus efectos sin poder adentrarse en su estructura. De ahí la autolimitación de la Física, que ha sido la causa de que se diga (12) que el objeto del científico estriba en conocer las leyes que rigen la forma de actuar, pero no la esencia de los fenómenos naturales. Así, pues, conviene insistir en que la energía, como explicación final de lo real, es un concepto que tiene casi un carácter metafísico, diríamos quizá teológico, de pura fe.

El hecho es que la ciencia tiene que trabajar con un caos de «realidades» múltiples, irreductibles entre sí, como es la gran diversidad de partículas elementales distintas unas de otras, que existen dentro del átomo; la posibilidad de transformarse estas partículas unas en otras; la posibilidad de aniquilarlas y convertirlas en radiación; la posibilidad de producir con la radiación nuevas partículas elementales; la necesidad de contar con el campo de fuerzas como una realidad irreductible a la materia o a la radiación; incluso —y aquí aparece otro tema— la existencia de diversos sistemas físicos, integrados por conceptos que aún siendo completamente diferentes entre sí son válidos todos ellos por aplicarse a problemas distintos.

Aludimos, con esto último, a que la Física no puede explicar la totalidad de los fenómenos de la naturaleza con un solo sistema de concepciones, según vino haciendo hasta 1900, y ello ha ocurrido desde que se demostró que el mundo de lo infinitamente pequeño no es una simple reducción del macrocosmos a escala menor: las leyes de mecánica y de comportamiento de éste no sirven para explicar el mundo atómico. La solución de continuidad se debe al cuanto de acción, al valor de la magnitud de Planck.

Así, con la diferenciación entre el macrocosmos y el microcosmos, tenemos varios sistemas físicos que pueden clasificarse, según Heisenberg, en la forma siguiente (13):

(12) V. DA ANDRADE: *Op. cit.*

(13) HEISENBERG: *Physics and Philosophy.*

1) La mecánica de Newton, que sirve para explicar los sistemas mecánicos, movimiento de flúidos y vibración elástica de los cuerpos. Se aplica prácticamente a la acústica, a la estática y a la aerodinámica.

2) La teoría fenomenológica del calor que utiliza conceptos propios, como son el calor, calor específico, entropía y energía libre. Este sistema, sin embargo, no es tan puro como los otros, ya que se mezcla con los demás.

3) Las teorías sobre electricidad y magnetismo, que son objeto de la electrodinámica, relatividad especial, óptica, magnetismo, y la teoría de Broglie sobre el doble aspecto de onda y materia de todas las partículas elementales; no incluye la teoría de ondas de Schrödinger.

4) La teoría cuántica, que gira en torno al cálculo matemático de probabilidades. Se aplica a la mecánica cuántica y ondulatoria, a la teoría del espectro atómico, a la química y a teorías sobre diversas propiedades de la materia (conductividad eléctrica, ferromagnetismo, etc.).

Ahora bien, esta enumeración no quiere decir que hayamos descubierto todos los sistemas físicos posibles, ni siquiera que los cuatro mencionados sean incontrastablemente válidos. Los científicos modernos viven el drama del carácter efímero que tiene la mayor parte de sus teorías. Incluso se ha llegado a afirmar que éstas no logran una vigencia mayor de los diez años, aun cuando, evidentemente, tal apreciación sea una exageración manifiesta.

Sin embargo, a pesar de esta verdadera situación de provisionalidad en que vive la ciencia moderna, sujeta a un continuo proceso de revisión, no hay duda de que en el momento presente es posible obtener una serie de deducciones válidas en torno al problema de la realidad. De todo cuanto venimos diciendo, aparentemente deslabazado, podemos llegar a una síntesis, constituida por las siguientes proposiciones fundamentales:

A) Ha periclitado el materialismo del siglo XIX, según el cual todo el orden natural, e incluso hasta el cerebro humano —como centro productor de las ideas—, podía explicarse mediante leyes mecánicas universales y mediante una estructura consti-

tuída en último término por los átomos, como elementos indivisibles e irreductibles. La imposibilidad de aplicar las leyes mecánicas de Newton a la microfísica, y el descubrimiento de que el átomo está integrado por múltiples partículas elementales, que son también reductibles entre sí, no permiten ya tal materialismo.

B) Junto a la materia propiamente dicha coexisten otras entidades físicas distintas o complementarias, como son el campo de fuerzas y la radiación. Por otra parte, la simultaneidad del carácter ondulatorio y corpuscular tanto de la materia como de la energía, tampoco permiten, ni siquiera en teoría, reducir el orden natural a una partícula inferior al átomo.

C) El caos que supone la existencia de diversas realidades irreductibles entre sí aumenta por el hecho de que la ciencia se ve obligada a operar con sistemas físicos diferentes, cada uno de los cuales es válido sólo para un número limitado de fenómenos, ya que en otros no pueden regir sus postulados.

D) La referencia final a la energía como causa primaria de la materia y de la radiación —concepto para el que todo el orden natural está integrado por estados estacionarios de la energía— plantea el problema de conocer la estructura de esa nueva entidad última, cuya determinación es prácticamente imposible dados los límites de la mente humana y el número infinito de barreras que opone la naturaleza a la investigación científica.

E) En busca de la realidad, la microfísica tiene que operar sobre la base del principio de incertidumbre. La ley de la causalidad, tal como ha sido concebida desde la filosofía griega o desde los físicos de la Escuela de Mileto —relación necesaria de causa a efecto y viceversa— es indemostrable, según los hallazgos de la teoría cuántica y, más concretamente, según Heisenberg.

A estas proposiciones debe añadirse otra, concerniente a un problema del que no hemos tratado hasta ahora. Nos referimos a la aplicación del cálculo de probabilidades como el único instrumento matemático que tiene la ciencia moderna para investigar los problemas de la microfísica.

Ya hemos aludido al principio operativo básico de la Física, conforme al cual el conocimiento científico sólo es factible me-

diante la medida. Tal es el lema de Kamerlingh Onnes: «A través de la medida se alcanza el saber». La revolución en el pensamiento humano que hicieron Thales, Anaxágoras, Anaximandro y Demócrito, consistía en admitir como leyes naturales únicamente las que podían descubrirse por la experimentación, y ésta es posible mediante medición, porque en definitiva la Física trabaja con magnitudes observables susceptibles de ser medidas. Ahora bien, lo que ocurre es que actualmente en el mundo de la microfísica nos encontramos ante limitaciones para medir, casi insalvables. El hombre no puede percibir con sus sentidos directamente —diríamos «palpablemente»— las cosas objeto de observación en la física atómica, cuyas dimensiones son infinitamente pequeñas. Puede comprenderse el problema haciendo determinadas comparaciones según tamaños y tiempos, para los cuales tomamos como unidad el centímetro y el segundo, respectivamente. Así, en el macrocosmos, nuestra galaxia tiene un tamaño aproximado de 10^{24} centímetros; el sol es de 10^{12} ; el Everest de 10^8 ; pues bien, la medida aproximada de un átomo es de 10^{-8} cm.; el de un núcleo atómico es de 10^{-12} cm. Por ello, al igual que en la Tierra se utiliza el kilómetro como unidad longitudinal y en astronomía la distancia se mide por U. A. (unidades astronómicas), que es igual a $1,4964 \times 10^{13}$ cm., o se utiliza el año luz (distancia que recorre la luz en un año), igual a $9,463 \times 10^{17}$ cm., en el microcosmos el científico utiliza los llamados micrones, definidos como 10^{-4} centímetros, y los amgstrons definidos por 10^{-8} cm. Con el tiempo ocurre otro tanto: la vida de la Tierra es, aproximadamente, de 10^{16} seg.; un año es de 10^8 seg., mientras que las oscilaciones de las partículas en el núcleo atómico tienen un período de sólo 10^{-22} seg. La magnitud más importante con que se trabaja para el estudio del comportamiento de la radiación y los corpúsculos ya hemos dicho que es la constante de Planck, imprescindible para conocer los fenómenos del microcosmos, y que es igual a $6,610 \times 10^{-27}$ ergios \times seg.

Tales cifras son suficientemente reveladoras, incluso para los profanos, y nos conducen a una conclusión inmediata: es humanamente imposible observar una partícula elemental por separado

en forma que nos permitiera fijar su estado, es decir, tanto sus propiedades como su comportamiento mecánico. Ningún aparato de medida puede ser, ni podrá ser, capaz de llegar a estas observaciones.

Por lo tanto, si no es posible resolver las ecuaciones de movimiento de cada corpúsculo, porque no pueden definirse sus condiciones iniciales ni su evolución (independientemente del hecho de que en virtud del principio de indeterminación no hay medio de conocer a la vez la posición y el momento o impulso de movimiento) la ciencia tenía que dar un viraje total sobre los procedimientos de estudio e inventar, por tanto, un nuevo instrumento matemático.

Dicho instrumento es, según señalamos, el cálculo de probabilidades, y su aplicación a la física, por obra de Thomson, Boltzmann y Gibbs ha dado lugar a una rama, denominada mecánica estadística. Este nuevo sector científico —gracias al cual ha sido posible profundizar en problemas de tanta importancia como son la entropía y la teoría cinética de los gases— parte de distinguir entre tres integrantes del objeto de investigación: los elementos constitutivos, que son cada una de las partículas elementales; los sistemas, cada uno de los cuales es la suma de un cierto número de elementos iguales; y las colectividades, que son el conjunto de muchos sistemas, de igual constitución material aunque pueden tener diferentes estados microscópicos. Una vez hecha esta clasificación, lo que se trata de resolver es la determinación del estado de equilibrio de sistemas muy complejos, permitiendo estudiar la manera en que una determinada magnitud (por ejemplo la energía) se distribuye entre los elementos de la colectividad (por ejemplo, átomos, fotones, etc.) cuando se ha alcanzado la distribución más probable; las fluctuaciones en torno a la misma, etcétera (14).

La aplicación del cálculo de probabilidades al estudio de los estados mecánicos de los sistemas y de las colectividades, es lo que ha hecho posible conocer dicho estado en el microcosmos.

(14) J. PALACIOS: *Termodinámica y mecánica estadística*.

Efectivamente, así como no es viable resolver las ecuaciones de movimiento de un corpúsculo aislado, las leyes de la probabilidad facilitan conocer casi con entera exactitud el comportamiento mecánico de un número relativamente grande de esas partículas. Este es el logro conseguido conforme al principio de que los resultados estadísticos son tanto más deterministas o aproximados a la exactitud cuanto mayor sea el número de los elementos y sistemas que forman parte de las colectividades estudiadas. El postulado de Gauss dice que el valor más probable de una magnitud que se ha medido por medio de un número suficientemente grande de observaciones de igual precisión, es la media aritmética de los valores obtenidos en estas observaciones.

El cálculo de probabilidades permite, pues, llegar al conocimiento de magnitudes casi totalmente ciertas en lo que concierne al estado microscópico, cuando lo que se investiga no es un corpúsculo sino un gran número de éstos. Las magnitudes aplicadas a una colectividad o a un sistema rigen en virtud de la ley según la cual la fluctuación relativa de cualquier magnitud aditiva está en razón inversa a la raíz cuadrada del número de elementos.

El cálculo de probabilidades está basado en el principio formulado por Laplace de que cuando un hecho puede ocurrir de diversas formas, la probabilidad es la relación entre el número de maneras favorables en que puede presentarse y el número de maneras posibles. Desarrollando este principio se ha podido llegar a fijar el estado de un sistema mediante la teoría de la complejión, formulada por Planck, llamándose complejión cada una de las distribuciones de las partículas elementales entre los recintos en que se divide el espacio fásico. Siendo la hipótesis fundamental de la mecánica estadística que todas las complejiones son igualmente probables, se consigue mediante esta rama de la ciencia determinar la fase de un sistema; entendiéndose por fase el conjunto de los valores del impulso o cantidad de movimiento y de la posición de la partícula. Conocidos estos valores para una colectividad estadística homogénea, tales magnitudes, que definen el estado de la colectividad, son las únicas que sirven para conocer el comportamiento mecánico de las partículas elementales.

Independientemente de la importancia que tiene el cálculo de probabilidades —como único instrumento matemático factible para estudiar el microcosmos— entre las proposiciones que antes hemos esbozado para resumir la posición de la física moderna en relación con el problema de la realidad, destaca la trascendencia del principio de incertidumbre de Heisenberg. Lo que este principio señala es que no hay posibilidad de conocer a la vez el impulso y la dirección de una partícula junto con la posición que ocupa en el momento de ser observada: cuanto más exactamente se define el impulso tanto menos se puede conocer la posición, y viceversa. En efecto, por ser la luz el único medio para observar el comportamiento de un corpúsculo, el efecto Compton ejerce una influencia tal en la partícula que en la práctica el observador no puede fijar su movimiento y su lugar a la vez. De ahí se deduce que en la microfísica la observación de la naturaleza no puede tener carácter objetivo ya que el observador interviene e influye al observar. De esta forma nos encontramos con que según se profundiza en el estudio del orden natural el hombre actúa como espectador y como actor.

La situación presente hace ver la profundidad de la observación hecha por Weizsacker de que la naturaleza es anterior al hombre pero el hombre es anterior a la ciencia natural. Efectivamente nosotros intervenimos decisivamente en la comprensión de lo que podríamos llamar verdad natural: todo lo que admitimos como verdad, lo es en relación a nosotros mismos. El hecho de que la mayor parte de nuestras leyes sean sólo ciertas para el marco de espacio en que vivimos (porque no serían válidos en otros planetas, en otros marcos de espacio), el de que escogemos por propia voluntad siempre una parte de la realidad antes de investigar la realidad total, el de que el tiempo es un factor absolutamente relativo que está indisolublemente unido a nuestro marco espacial, el de que las leyes de microfísica deban ser encontradas mediante el cálculo de probabilidades pero no nos son asequibles en su integridad por insuficiencia de los métodos de medida y por el hecho, sobre todo, de que las medidas son relativas a la posición del espectador, hacen que cada vez más en la

formulación de las leyes científicas rija con fuerza la vieja idea filosófica de que el hombre es la medida de todas las cosas.

Así, tenemos como un ejemplo final de los muchos ya enumerados, que la función de onda, magnitud base de la Mecánica ondulatoria, y que es una función del tiempo y de las coordenadas de espacio, varía según el observador. Por tanto, aunque evidentemente hay una realidad exterior independiente de nosotros, nuestro conocimiento de ella depende de las reglas de funcionamiento de nuestro intelecto, depende de nuestras específicas características biológicas.

No es, pues, de extrañar la conclusión de Eddington cuando dice: «Trataré de definir dentro de lo posible el atisbo de realidad que parece hemos alcanzado... La sustancia del mundo es la sustancia mental. He de explicar que por mente no significo con exactitud mente, y por sustancia no significo con exactitud sustancia. La sustancia mental del mundo es, naturalmente, algo más general que nuestras mentes individuales y conscientes; pero podemos pensar que su naturaleza no es del todo extraña a los sentimientos en nuestra conciencia.»

Científicamente, basta quedarnos con la idea fundamental —que resume todo lo dicho— de la interacción necesaria del espíritu humano en el conocimiento de la realidad científica. De ahí el que no tenga ya sentido la distinción entre ciencias de la naturaleza y ciencias del espíritu. Si en la ciencia (15) el objeto de la investigación no es la naturaleza sino la naturaleza sometida a la interrogación del hombre, concluimos que el hombre se encuentra también en este terreno enfrentado consigo mismo.

Procede, en suma, revisar profundamente nuestra teoría de las concepciones del mundo. Las ciencias de la naturaleza no son un examen objetivo de una realidad exterior a nosotros, porque esa objetividad no existe y conforme calamos más en las realidades últimas del mundo que nos rodea, tanto más interviene el espíritu humano o, por decirlo de otro modo, nuestra estructura mental, en esa realidad. Y del mismo modo que la Física se reconoce

(15) V. HEISENBERG: *La imagen de la naturaleza en la física actual.*

subjetiva, dependiente del hombre, de la posición de éste y de sus medios mentales de investigación, no podemos dejar de recurrir en las mal llamadas ciencias del espíritu a las inmensas aportaciones de la Física moderna. Distinguir entre humanismo y positivismo no tiene razón de ser en nuestra era atómica.

COORDINACIÓN DE LA FÍSICA Y LA SOCIOLOGÍA ANTE EL PROBLEMA
DE LA REALIDAD

«El espíritu del Señor llena toda la Tierra, y El, que todo lo abarca, tiene la ciencia de todo.» (*Libro de la Sabiduría.*)

He aquí que nos encontramos hoy con una serie de aportaciones fundamentales de la Física al pensamiento humano, como son el empleo del cálculo de probabilidades para la investigación del microcosmos, el principio de incertidumbre, la imposibilidad de una interpretación materialista de la naturaleza y, en su punto final, la necesidad de referir al espíritu humano la realidad con que opera el científico. ¿Puede la Sociología o la política seguir prescindiendo indefinidamente de estas conclusiones así como de las demás a que nos hemos referido anteriormente?

La mayor parte de los tratadistas coinciden en definir la Sociología como la ciencia de los grupos humanos. Desde un punto de vista de su estructura formal, esos grupos constituyen conjuntos de individuos clasificados por edad, sexo, raza, condición económica, etc. Pero al mismo tiempo todo sociólogo considera que lo más importante no es esa clasificación numérica, sino el hecho de que el grupo tiene una estructura funcional integrada por las relaciones entre sus miembros, que a su vez giran en torno a una conciencia común, un estado de alma, una determinada trama de representación sentimientos y concepciones de la vida. En efecto, los grupos sociales no se crean por el hecho de que incidentalmente se reúna un número de hombres. Así existe el fenómeno de la multitud (ejemplos de una cola, de una reunión en un espec-

táculo, de un motín imprevisto para los participantes, de los viajeros que van en un tren o en un avión). Aunque en estos supuestos y otros muchos que la sociología francesa reúne bajo el término de «foule» evidentemente existen ciertos hechos que quizá podríamos llamar sociales, pero que en su conjunto podemos admitir más bien como fenómenos presociales o, al máximo, como la más elemental expresión de sociabilidad. El grupo social propiamente dicho sólo surge cuando se producen determinados requisitos y que son la continuidad de las relaciones entre los individuos, una organización definida, una serie de instituciones (entendiendo por institución los actos o ideas preestablecidos por la tradición, que el hombre encuentra ante sí al nacer y que se le inculcan por la educación familiar y pública) y, sobre todo, una conciencia común, una coincidencia de ideas y creencias fundamentales (16).

En definitiva, pues, para la Sociología o para la política —que es la regulación, mediante el uso del poder organizado, de la vida social— lo verdaderamente importante es la llamada conciencia colectiva, que no puede ser la simple suma de las conciencias individuales sino la psicología típica del grupo social, cualitativamente distinta en diversos aspectos de la mente individual.

Los tratadistas modernos, en su mayoría, llevados por el objetivo de dar una metodología y unos caminos propios a esta nueva y todavía vacilante ciencia que es la Sociología, han caído en la tentación de considerar irreductible la conciencia colectiva a la mente del individuo. Si consideramos que ese estado mental es lo más característico del grupo, tal conclusión sería tanto como decir que la sociedad es irreductible al hombre, es decir, que la consideración del ser humano en su dimensión social debe ser radicalmente diferente del hombre en su vida íntima.

No es factible, sin embargo, mantener a ultranza esa irreductibilidad. Todo hombre, por el hecho de serlo, vive en sociedad, en relación con otros hombres y, al mismo tiempo, sin solución de continuidad tiene una independencia espiritual radical, un yo ín-

(16) G. GURVITCH: *Traité de Sociologie*.

timo. Marx, atacando a Feuerbach, decía que el individuo pertenece necesariamente a una forma de sociedad y que, por lo tanto, es el producto de ésta. Se trata de un determinismo extremo que en cierto modo, quizá inconscientemente, han recogido los sociólogos posteriores, para los cuales la Sociología es una ciencia de las instituciones, estimando que son las tradiciones y la malla de ideales y sentimientos dados al hombre cuando nace y cuando se le educa los que fijan ineluctablemente su existencia. Sin duda alguna, la política del «social control» que siguen los grandes Estados modernos se basa en esta concepción según la cual mediante una organización estabilizada y un férreo establecimiento de la educación a través de las escuelas, las universidades, la prensa y los medios modernos de difusión de la propaganda, se puede conseguir la duración indefinida de un orden social, la uniformidad absoluta de las creencias.

Ahora bien, la idea de la conciencia colectiva como un logos que en último extremo se define por el Estado y en la cual queda difuminada y desleída la psicología individual, es un error además de constituir una aberración imperdonable cuando se lleva a cabo en la implacable forma de las modernas dictaduras.

Lo que olvidan los sociólogos institucionalistas y la política del «social control» total es que el hombre, como hizo constar Max Scheler, es el único ser capaz de decir no a la realidad.

Descartes en sus *Meditaciones de Prima Philosophia*, exclamaba: ¿Qué soy yo?, una cosa que piensa. (*Ego sum res cogitans*). Y en tanto que el hombre piensa, lo que verdaderamente le caracteriza y hace es el desafío al orden constituido ante él por las instituciones preestablecidas antes de su nacimiento. No quiere decir esto que el paso de una generación a otra signifique la ruptura o destrucción de toda la organización social anterior, sino que esta organización no puede ser inmutable, eterna, como tantos hombres han intentado, e intentan, inútilmente a lo largo de la Historia. Los grupos sociales o la sociedad no son entes estáticos, sino que por su propia esencia quedan sujetos a un continuo proceso de movilidad, de deestructuración y reestructura-

ción (17). A ello se debe el que Gurvitch no acepte centrar el estudio de la Sociología en las instituciones, porque éstas significan el pasado, mas no el devenir, ni siquiera el presente. Si queremos comprender los fenómenos sociales en su integridad, es absolutamente necesario aceptar el hecho de que el hombre o las agrupaciones humanas no constituyen una excepción a las leyes universales de la Mecánica, conforme a las cuales todo lo que constituye la Naturaleza se encuentra en movimiento.

En Sociología ha de hacerse lo mismo que en Mecánica estadística. Ante todo interesa partir de los elementos que la constituyen y que son: 1.º, el individuo, el hombre; 2.º, los sistemas o grupos sociales de primer grado; 3.º, las colectividades o reunión de grupos sociales (de las cuales la expresión más importante es la Nación en tanto no se llegue a alcanzar las comunidades internacionales, hoy día en simple estado embrionario). Por lo tanto, lo esencial para el método sociológico es la adopción del cálculo de probabilidades, porque al igual que en la microfísica es el único método matemático para poder establecer el equilibrio dinámico de cada momento.

Del mismo modo, y así como la estadística es indispensable en el conocimiento de la estructura material de los grupos humanos (clasificación de los individuos por edad, sexo, localización geográfica, posición económica, etc.) ocurren en la Sociología y en la Biología otros factores muy parecidos al de las partículas elementales en la Física. El científico moderno no puede conocer aisladamente el comportamiento de cada corpúsculo, y por ello para contemplar los efectos mediatos en la constitución del macrocosmos tiene que operar en el cálculo de probabilidades. Paralelamente el sociólogo no puede prever la acción de cada uno de los hombres sobre la marcha de la sociedad porque los métodos de control serán siempre insuficientes y frente a ellos existirá en cualquier instante ese factor de corrección imprevisible que es el espíritu humano, capaz —por razón o por emociones o sentimientos— de rechazar las instituciones que le rodean y de modi-

(17) G. GURVITCH: *Traté de Sociologie*.

ficar la marcha de la sociedad. El principio de incertidumbre surge, pues, por lo menos, con tanta fuerza en la Sociología como en la microfísica, con lo cual toda construcción social o política está sujeta a una constante revisión.

De todo cuanto antecede se infiere que, al igual que en la Física, lo que encuentra la Sociología en la búsqueda de su parcela de realidad es también el hombre. Sin lugar a dudas el individuo, en tanto actúa como miembro de un grupo social, da lugar a una serie de hechos y de ideas que son cualitativamente diferentes a la psicología individual cuando el hombre actúa dentro de su propio yo íntimo no social. La solución, pues, no es otra que, como dice el propio Gurvitch, entender la irreductibilidad de la conciencia colectiva a las conciencias individuales, y viceversa, como una irreductibilidad de dos puntos de vista, de aspectos relacionados con dos direcciones opuestas de la totalidad del psiquismo. Es una concepción fundamental, y la mayor equivocación consiste en no llevarla hasta sus últimas consecuencias, que podrían resumirse en esta proporción: en cada hombre existe una participación en la conciencia colectiva del grupo a que pertenece y una conciencia individual capaz de corregir las formas de esa participación.

La interacción constante entre conciencia colectiva y conciencia individual es el hecho básico a que debe sujetarse la psicología social.

En consecuencia, y así como en la Física atómica se utiliza el cálculo de probabilidades para el estudio del comportamiento mecánico de los corpúsculos, pero teniendo como última referencia a esas mismas partículas elementales, la Sociología o la política no pueden, en modo alguno, sustraerse a esa última realidad que es el hombre, haciendo abstracción del mismo para llegar a unos logros, a una conciencia colectiva y a una organización rígida y deshumanizada. La cuestión de fondo es el ser humano individual.

En tal aspecto, y sin necesidad de recurrir a los teólogos o a los filósofos del pasado, basta señalar la conclusión a que han llegado los mejores biólogos de nuestro tiempo. El único ser

vivo capaz de evolucionar es el hombre, y esa evolución consiste en el avance de su capacidad mental, que le ha permitido el milagro de producir ideas, y de transmitir su experiencia conceptual de generación en generación. La evolución, conforme ha señalado el más destacado de sus investigadores, Julián Huxley, no es ya biológica, sino principalmente cultural, habiéndose sobrepasado la barrera biológica en el dominio psíquico social. De ahí el que la mayor amenaza con que se enfrenta la Humanidad es la suma de intentos que se hacen en las dictaduras para absorber al individuo en la masa, haciéndole prescindir de todo sentido crítico y, a menudo, moral; la reducción de la acción intelectual libre en provecho de las instituciones escogidas por una burocracia estatal; la uniformidad y monotonía en el pensamiento, del que las primeras víctimas o ejemplos son los dirigentes de esas mismas burocracias.

En nuestra era nuclear, el desarrollo de la técnica, la necesidad de regular racionalmente la economía para conseguir una mejora económica efectiva del pueblo, el aumento incesante de población que exige emplear vastos medios de origen fiscal en la educación o en la seguridad social, y otros fenómenos similares, han traído por consecuencia la acción cada vez más amplia del Estado como el instrumento más poderoso de organización social; no es concebible ya el sistema de la polis griega o de los burgos medievales o de las ciudades del Renacimiento, ni siquiera tampoco el liberalismo capitalista del siglo XIX. Sin embargo, una cosa es la economía y la técnica; otra es la libertad intelectual, la posibilidad de un florecimiento libre del pensamiento humano, el respeto al hombre individual.

Estamos presenciando hoy una socialización intelectual de los grupos humanos que tiende a conseguir la uniformidad, la monotonía a que antes hicimos referencia, en suma, a la masificación en su más íntegro sentido. Esto sólo puede conducir a detener el fenómeno de evolución que postulan los biólogos, porque para ellos, como para todo científico, la variedad individual es esencial para avanzar en el desarrollo psicosocial del hombre.

Según Klages, el hombre, en la medida que piensa tiene que

pensar mecánicamente, produciendo mecanismos entre él y la naturaleza hasta que llega un momento en que queda dominado bajo ellos. Esta visión parecía demasiado pesimista no hace muchos años. Ahora asoma ya como un peligro inminente, no como una pura especulación discursiva. Se está intentando crear una masa humana que es un robot.

El único camino de recuperación en la Sociología y en la política radica en recoger los principios fundamentales de la ciencia, de esa ciencia que ha permitido el ingente aumento del nivel de vida producido y por producir. Las Matemáticas, la Biología y la Físico-Química sirven, a través de la técnica, para el engrandecimiento de los Estados y la mejor vida material de los grupos humanos. Pero ello no es todo: las conclusiones a que llegan en la investigación de la Naturaleza y en la concepción de la realidad no son vanas. Por lo menos representan el más profundo y complejo intento hecho por la Humanidad para comprender su destino y su función.

Y si esas conclusiones alcanzadas por la Física atómica se resumen en un espiritualismo a ultranza, en una remisión al espíritu humano individual, estimamos que la gran revolución de nuestro tiempo queda por hacer. Esa revolución no es otra cosa que detener el proceso de masificación, coordinar la Sociología y la regulación política de la sociedad con el respeto a la libertad del espíritu.

En este sentido tienen toda su vigencia las palabras inolvidables de Max Scheler: «El mayor peligro para una antropología filosófica es concebir una idea del hombre demasiado estrecha derivándola sin darse cuenta de una sola forma natural o histórica del hombre. El hombre es microcosmos viviente, lleno de espíritu. Así, pues, ¡plaza al hombre y a su movimiento esencialmente infinito! ¡No quede fijado en un ejemplo, en una forma, sea de la Historia Natural o de la Historia Universal!».

Se ha dicho, con acierto, que el helenismo ha sido una cultura prototipo de la adoración del hombre. Nosotros somos herederos directos de ese helenismo, pero ya en nuestra Era no podemos tampoco decir que el individuo debe ser, como diría Par-

ménides, la medida de todas las cosas. La época en que cada individuo podía ser árbitro de la política o de la economía o de la educación, ya no puede repetirse en nuestra Era de superpoblación, de las grandes concentraciones económicas, de los problemas a escala universal. Pero lo que debe subsistir es más importante, porque es lo que hace del hombre el ser más perfecto de la Tierra, lo que le da todavía un número infinito de posibilidades de evolucionar: el espíritu humano.

¿Qué es este espíritu? Sin duda alguna tal interrogante no puede explicarse por leyes mecánicas, químicas o biológicas, pero es exactamente la última realidad, la realidad irreductible a todo el orden material, en que confluye la Física y han de confluir necesariamente la Sociología o la política.

ENRIQUE LARROQUE

