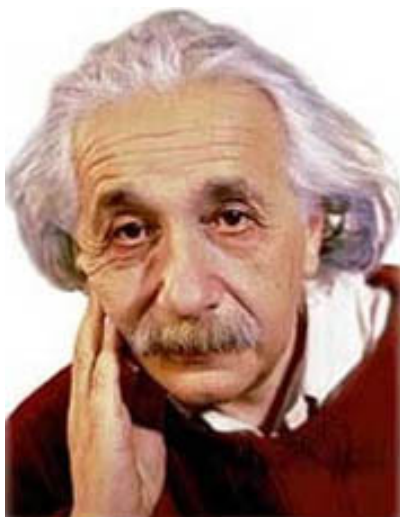


| **Albert Einstein**, nacido en Alemania en 1879 y nacionalizado en Estados Unidos en 1940, es el científico más conocido del siglo XX.



En 1905, siendo un joven físico desconocido, empleado en la Oficina de Patentes de Berna (Suiza), publicó su Teoría de la Relatividad Especial. En ella incorporó, en un marco teórico simple y con base en postulados físicos sencillos, conceptos y fenómenos estudiados anteriormente por Henri Poincaré y Hendrik Lorentz. Probablemente, la ecuación de la física más conocida a nivel popular es la expresión matemática de la equivalencia masa-energía,  $E=mc^2$ , deducida por Einstein como una consecuencia lógica de esta teoría. Ese mismo año publicó otros trabajos que sentarían algunas de las bases de la física estadística y la mecánica cuántica.

En 1916 presentó la Teoría General de la Relatividad, en la que reformuló por completo el concepto de gravedad. Una de las consecuencias fue el surgimiento del estudio científico del origen y evolución del universo por la rama de la física denominada cosmología. Muy poco después Einstein se convirtió en un icono

popular de la ciencia alcanzando fama mundial, un privilegio al alcance de muy pocos científicos.

Obtuvo el Premio Nobel de Física en 1921 por su explicación del efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica, y no por la Relatividad, pues en esa época era aún considerada un tanto controvertida por parte de algunos científicos.

Los fragmentos que se proponen pertenecen al libro "*Mis ideas y opiniones*". Preparada por el propio Einstein poco antes de morir, *Mis ideas y opiniones* es la antología definitiva de sus escritos menos técnicos.

Junto a escritos científicos, seleccionados por su interés general, sobre la teoría de la relatividad, la evolución de la física o el método científico, el libro incluye artículos y conferencias sobre derechos humanos, religión y ciencia, guerra atómica y paz, hasta una carta a Freud, un artículo publicado en Monthly Review sobre el socialismo o un debate con científicos soviéticos sobre un proyecto de gobierno mundial.

La habilidad de Albert Einstein de llegar directamente al fondo de los problemas resulta clara tanto en sus artículos científicos como en sus demás escritos. Es esta excepcional virtud la que convierte, en sencillas, cuestiones complejas y confiere a su análisis su gran profundidad.

*No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela.*

Albert Einstein

## PRINCIPIOS DE FÍSICA TEÓRICA

Discurso inaugural ante la Academia Prusiana de Ciencias en 1914. Einstein había sido nombrado miembro de la Academia en el año 1913. En 1933, después del surgimiento del régimen de Hitler, renunció a su puesto en la Academia. (Véase la correspondencia, v 183 y ss. de este volumen.) Publicado por la Academia Prusiana de Ciencias, 1914.

Caballeros:

En primer lugar debo dar a ustedes mis más sinceras gracias por haberme concedido el mayor honor que se puede conferir a un hombre como yo. Al elegirme miembro de esta Academia, me han liberado ustedes de las distracciones y exigencias de una vida profesional y han hecho posible mi entera dedicación a los estudios científicos. Sólo les pido que continúen creyendo en mi gratitud y en mi celo, aun cuando mis esfuerzos puedan parecerles pobres.

Tal vez se me permitirá ahora hacer algunas consideraciones generales acerca de mi esfera de actividad, la física teórica, en relación con la física experimental. Hace unos días, un amigo mío, matemático, me comentaba en tono de broma: *“un matemático es capaz de hacer muchas cosas, pero nunca lo que tú quieres que haga en aquel momento”*. A menudo esta misma observación puede aplicarse al físico teórico, cuando el físico experimental acude a él. ¿Cuál es la causa de esta peculiar falta de adaptabilidad?



El método del teórico significa partir de la base de postulados generales o “principios” para deducir de ellos conclusiones, O sea que el trabajo se divide en dos partes. En primer lugar, ha de descubrir sus principios y después tendrá que extraer las conclusiones que se desprendan de ellos. Para esta segunda tarea, el físico ha recibido una excelente formación en la universidad. Por lo tanto, si el primer estadio de los problemas está ya resuelto para cierto campo o para cierto conjunto de fenómenos correlacionados, este científico puede estar seguro de su éxito, siempre y cuando su inteligencia y su capacidad de trabajo sean adecuadas. La primera de estas tareas, es decir, la de establecer los principios que deberán servir como punto de partida de sus deducciones, tiene una naturaleza muy especial. En este caso no existe un método que pueda aprenderse y aplicarse sistemáticamente para llegar al objetivo previsto. El científico debe extraer esos principios con habilidad de la naturaleza, percibiendo a partir de amplios conjuntos de hechos empíricos, ciertos rasgos generales que le permitan una formulación precisa.

Una vez cumplida con éxito esa formulación, una deducción seguirá a otra deducción y así, a menudo, se revelarán relaciones imprevistas, que se extienden mucho más allá del ámbito de la realidad que brindaran los principios iniciales. Pero en tanto no se descubran los principios que sirven de base para extraer deducciones, el hecho empírico individual no tiene valor para el teórico, quien en rigor tampoco puede hacer nada con leyes generales aisladas descubiertas empíricamente. El físico teórico se hallará impotente frente a unos resultados inconexos, ofrecidos por la investigación empírica, hasta que no se le hayan revelado los principios que le servirán como base para el razonamiento deductivo

Esta es la posición en que se encuentra la teoría, de momento, ante las leyes de la radiación térmica y del movimiento molecular a bajas temperaturas. Hasta hace unos quince años, nadie dudaba de la posibilidad de dar una explicación correcta de las propiedades eléctricas, ópticas y térmicas de la materia sobre la base de la mecánica de Galileo-Newton, aplicada al movimiento molecular, y de la teoría de Maxwell sobre el campo electromagnético. Pero Planck demostraría que, para establecer una ley de radiación térmica acorde con la experiencia, era necesario emplear un método de cálculo cuya incompatibilidad con los principios de la física clásica se hacía a cada instante más evidente. Con ese método de cálculo, Planck introdujo en la física la **hipótesis cuántica**, que ya ha recibido una brillante confirmación. Con esta hipótesis cuántica, Planck ha destronado la aplicación de la física clásica en los casos en que masas suficientemente pequeñas se muevan a velocidades lo bastante

bajas y con niveles de aceleración lo bastante elevados; en consecuencia, las leyes del movimiento propuestas por Galileo y Newton sólo pueden ser aceptadas como leyes de limitada validez. A pesar de sus esfuerzos perseverantes, los teóricos aún no han logrado reemplazar los principios de la mecánica por otros que concuerden con la ley de la radiación térmica, de Planck, o hipótesis cuántica. Por muy definitivamente que se haya establecido que el calor ha de ser explicado por el movimiento molecular, tendremos que reconocer que hoy nuestra posición ante las leyes fundamentales de este movimiento se asemeja a la de los astrónomos anteriores a Newton ante los movimientos de los planetas.

Me he referido a un grupo de hechos para cuyo análisis teórico carecemos de principios básicos. Pero bien podría ocurrir que unos principios claramente formulados nos condujeran a conclusiones que entera o casi enteramente fueran a dar fuera del ámbito de la realidad que hoy es accesible a nuestra experiencia. En este caso, se necesitaría quizás un largo período de investigación empírica para corroborar si los principios teóricos se corresponden con la realidad. De esto tenemos un ejemplo en la teoría de la relatividad.

Un análisis de los conceptos fundamentales de espacio y tiempo nos ha demostrado que el principio de la velocidad constante de la luz en el vacío, que surge de la óptica de los cuerpos en movimiento, no nos obliga a aceptar la teoría de un éter luminífero estático. Por el contrario, ha sido posible estructurar una teoría general que da cuenta de que los experimentos que se llevan a cabo sobre la tierra nunca revelan el movimiento de traslación de nuestro planeta. Esto implica la utilización del principio de la relatividad, que dice que **las leyes de la naturaleza no alteran su forma cuando se pasa del sistema original (admisible) de coordenadas a uno nuevo por un movimiento de traslación uniforme con respecto al primero**. Esta teoría ha logrado una confirmación sustancial por la experiencia y nos ha llevado a una simplificación de la descripción teórica de grupos de hechos vinculados entre sí.



Einstein en 1905

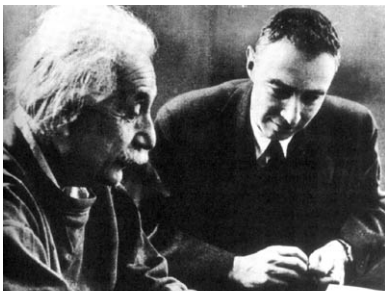
Por otra parte, desde el punto de vista teórico, esta teoría no es completamente satisfactoria, porque el principio de la relatividad que hemos formulado habla de un movimiento *uniforme*. Si es verdad que no se debe adjudicar un significado absoluto al movimiento *uniforme* desde el punto de vista físico, se plantea el problema de si esta aseveración debe o no ser extendida a los movimientos no uniformes. Pues bien, se ha comprobado que se llega a una extensión de la teoría de la relatividad si se parte del principio de relatividad ampliado en este sentido. De esta manera, llegamos a una teoría general de la gravedad, que incluye la dinámica. En el momento presente, no obstante, no poseemos el conjunto necesario de hechos que nos permitan comprobar la legitimidad de la introducción del principio postulado.

Hemos afirmado que la física inductiva plantea preguntas a la deductiva y viceversa y para responder a esas preguntas debemos poner en juego todas nuestras energías. ¡Hago votos para que logremos un progreso permanente gracias a nuestros esfuerzos unidos!

## PRINCIPIOS DE INVESTIGACIÓN

Discurso pronunciado durante la celebración del sexagésimo aniversario de Max Planck (1918), en la Sociedad de Física de Berlín. Publicado en Mein Weltbild, Amsterdam: Querido Verlag, 1934. Max Planck (1858-1947) durante muchos años fue catedrático de física teórica en la Universidad de Berlín. Su más importante contribución a la física es su teoría cuántica, que había formulado en 1900 y que constituyó la base para todo el desarrollo de la moderna física atómica. Junto con Planck, Einstein fue el primero que trabajó en el nuevo campo, en particular en su teoría de los cuantos de luz o fotones (1905) y en la del calor específico (1907). Y fue él quien, más que otros científicos, comprendió el carácter fundamental y profundo del concepto de cuanto en todas sus proyecciones.

En el templo de la ciencia hay muchos tabernáculos y muy distintos entre sí son, por cierto, quienes a ellos acuden, acuciados por motivos bien diversos. Muchos obtienen de la ciencia un gozoso sentimiento de poderío y superioridad intelectual; la ciencia es su deporte favorito y en ella buscan experiencias vívidas y la satisfacción de sus ambiciones. En ese mismo templo, habrá otros que ofrecerán los productos de sus cerebros para sacrificarlos con propósitos utilitarios. Si un ángel del Señor llegara para arrojar del templo a todos los que pertenecen a esas dos categorías, quedarían sólo unos pocos hombres, tanto del tiempo presente como del pasado. Nuestro homenajeado, Max Planck, sería uno de ellos y por tal motivo le estimamos profundamente.



Einstein junto a Oppenheimer, considerado el padre de la bomba atómica.

Soy consciente de que con esta imagen he expulsado a la ligera a muchos hombres excelentes que han sido responsables — importantes y hasta casi totales—, de la construcción del templo de la ciencia. Y en muchos casos el ángel se encontraría con que le resulta muy difícil decidirse. Pero de algo estoy seguro: si los tipos de científicos a los que hemos arrojado fueran los únicos existentes, el templo jamás habría llegado a existir, tal como no podría haber un bosque donde sólo crecen enredaderas. Para estas personas cualquier esfera de la actividad humana sería válida, llegado el caso. Que se conviertan en ingenieros, militares, comerciantes o científicos sólo dependerá de las circunstancias.

Pero echemos una mirada a aquellos que fueron favorecidos por el ángel. La mayoría de ellos son en cierta medida extravagantes poco comunicativos y solitarios, muy poco parecidos entre sí, a pesar de estas características comunes y a diferencia de quienes fueron arrojados del templo. ¿Qué les ha llevado al templo? Ésta es una pregunta muy difícil y no puede ser respondida con una única contestación. En principio, creo, junto con Schopenhauer, que una de las más fuertes motivaciones de los hombres para entregarse al arte y a la ciencia es el ansia de huir de la vida de cada día, con su dolorosa crudeza y su horrible monotonía, el deseo de escapar de las cadenas con que nos atan nuestros deseos siempre cambiantes. Una naturaleza de fino temple anhela huir de la vida personal para refugiarse en el mundo de la percepción objetiva y el pensamiento. Este deseo puede ser comparado con el ansia que experimenta el hombre de la ciudad por escapar de un entorno ruidoso y estrecho y dirigirse hacia el silencio de las altas montañas, donde los ojos pueden vagar en el aire tranquilo y puro y apreciar el paisaje sereno, que parece hecho de eternidad.

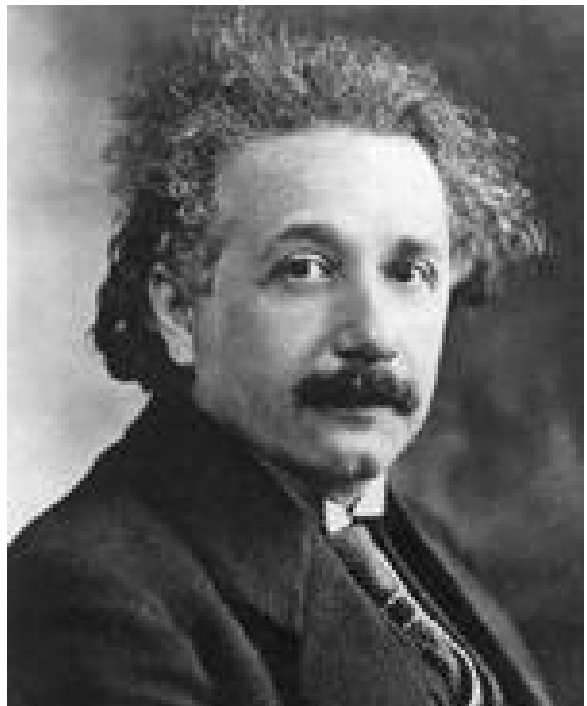
Junto a esta motivación negativa surge otra, positiva. El hombre intenta crear para sí mismo, del modo que más le convenga, una imagen del mundo simplificada e inteligible; después, y hasta cierto punto, intenta que su cosmos reemplace al mundo de la experiencia, porque cree que así se hará dueño de éste. Así lo hacen, cada uno a su manera, el pintor, el poeta, el filósofo especulativo y el científico de la naturaleza. Cada uno hace que ese cosmos y

su construcción sean el eje de su vida emotiva, para hallar a través de ese camino la paz y la seguridad que no es posible encontrar en el venero de la experiencia personal.

Entre todas esas posibles representaciones del mundo ¿qué lugar ocupa la imagen del mundo que elabora el físico teórico? En primer lugar, esa imagen exige el nivel más alto posible de precisión y rigor en la descripción de las relaciones, un rigor que sólo el lenguaje matemático puede brindar. Por otra parte, en lo que se refiere al tema en sí, el físico ha autolimitarse con severidad: tendrá que contentarse con la descripción de los hechos más simples que puedan presentarse en el campo de nuestra experiencia. Cualquier evento de índole compleja exigiría un poder intelectual mucho mayor que el del hombre para emprender una reconstrucción que posea la sutil precisión y la perfección lógica que exige la física teórica. Pureza suprema, claridad y certeza a expensas del conjunto, ¿Pero cuál puede ser el interés de llegar a conocer una porción de la naturaleza tan pequeña en forma exhaustiva, mientras se deja de lado, con cautela y timidez, todo lo que implique mayor sutileza y complejidad? ¿El producto de tales esfuerzos modestos puede recibir la orgullosa denominación de teoría del universo?

Creo que esta denominación está justificada, porque las leyes generales sobre las que se basa la estructura de la física teórica se definen como válidas para toda clase de fenómeno natural. Mediante esas leyes sería posible llegar a la descripción —o sea, a la teoría—, de todo proceso natural, incluyendo la vida, a través de la pura deducción, si ese proceso de deducción no estuviera más allá de la capacidad del intelecto humano. Es decir, que la renuncia del físico a la totalidad de su cosmos no es una cuestión de principio fundamental.

La tarea fundamental del físico consiste en llegar hasta esas leyes elementales y universales que permiten construir el cosmos mediante pura deducción. No hay un camino lógico hacia esas leyes: sólo la intuición, fundamentada en una comprensión de la experiencia, puede llevarnos a ellas. Ante esta incertidumbre metodológica, cualquiera podría suponer que existen un elevado número de sistemas posibles de física teórica, todos bien justificados por igual. Y, en teoría, esta opinión es correcta, sin duda. Pero el desarrollo de la física ha demostrado que en todo momento, más allá de todas las construcciones concebibles, un único sistema ha resultado ser superior a todos los demás. Ninguna persona que haya entrado en la materia con profundidad podrá negar que, en la práctica, el mundo de los fenómenos determina unívocamente el sistema teórico, a pesar de que no existe puente lógico entre los fenómenos y sus principios teóricos. Esto es lo que Leibnitz, con una feliz expresión, ha definido como *"armonía preestablecida"*. A menudo los físicos acusan a los epistemólogos de no prestar la atención suficiente a este hecho. Según mi criterio, aquí está la raíz de la controversia que, hace algunos años, se desarrolló entre Mach y Planck.



El anhelo de abarcar esta armonía preestablecida es la fuente de una inagotable paciencia y perseverancia, que Planck ha puesto en su dedicación a los más generales problemas de nuestra ciencia, como bien lo sabemos, negándose a ser distraído hacia fines más gratos y más fáciles de obtener.

# FÍSICA Y REALIDAD

Tomado de The Journal of the Franklin Institute, volumen 221, N.º 3, marzo de 1936.

## *Consideraciones generales sobre el método de la ciencia.*

A menudo se ha dicho, y no sin justificación por cierto, que el hombre de ciencia es un filósofo de mala calidad. ¿Por qué el físico no deja pues que el filósofo se entregue a la tarea de filosofar? Esto bien puede ser lo correcto en momentos en que el físico cree tener a su disposición un sistema rígido de conceptos y leyes fundamentales, tan bien establecidos que ninguna duda puede tocarlos. Pero puede no serlo en un momento en que las bases mismas de la física se han vuelto tan problemáticas como lo son hoy. En tiempos como el presente, cuando la experiencia nos compele a buscar una nueva y más sólida fundamentación, el físico no puede simplemente entregar al filósofo la contemplación crítica de los fundamentos teóricos, porque nadie mejor que él puede explicar con mayor acierto dónde le aprieta el zapato. En su búsqueda de un nuevo fundamento, el físico se verá obligado a poner bien en claro hasta qué punto están justificados y constituyen verdaderas necesidades los conceptos que utiliza.

El conjunto de la ciencia es, tan sólo, un refinamiento del pensamiento de cada día. Por este motivo el pensamiento crítico del físico no ha de ser restringido, en lo posible, al mero examen de los conceptos que pertenecen a su propio campo de acción. Resultará imposible para el científico avanzar sin la previa consideración crítica de un problema verdaderamente arduo: el problema de analizar la naturaleza del pensamiento de cada día.

Nuestra experiencia psicológica nos ofrece experiencias sensoriales, imágenes de ellas, recuerdos y sentimientos. A diferencia de la psicología, la física se ocupa en forma directa sólo de las experiencias sensoriales y de la "comprensión" de sus conexiones. Pero con todo, el concepto de "mundo real externo" que existe en el pensamiento de cada día reposa en forma exclusiva sobre impresiones sensoriales.

En primer término debemos subrayar que la diferenciación entre impresiones sensoriales e imágenes no es posible o, al menos, no es posible establecerla con absoluta seguridad. Con la discusión de este problema, que también afecta a nuestra noción de la realidad, no adelantaremos mucho, de modo que consideraremos como un hecho dado la existencia de experiencias sensoriales, o sea unas experiencias psíquicas de tipo especial.

Creo que el primer paso para el establecimiento de un "mundo exterior real" es la formación del concepto de objetos materiales y de objetos materiales de distintos tipos. De entre la multitud de nuestras experiencias sensoriales, mental y arbitrariamente, escogemos ciertos conjuntos de impresiones sensoriales que se repiten (en parte en conjunción con impresiones sensoriales que son interpretadas como signos de experiencias sensoriales de otros) y relacionamos con ellos un concepto: el concepto de objeto material. Si lo consideramos desde el punto de vista lógico, veremos que este concepto no es idéntico a la totalidad de las impresiones sensoriales que a él se refieren; se trata de una libre creación de la mente humana (o animal). Por otra parte, este concepto debe su significado y su justificación, en forma exclusiva, a la totalidad de las impresiones sensoriales que asociamos con él.

El segundo paso nos lleva a considerar que, en nuestro pensamiento (que es el que determina nuestras expectativas), atribuimos a ese concepto de objeto material una significación que en muy alto grado es independiente de las impresiones sensoriales que originalmente lo han conformado. A esto hacemos referencia cuando atribuimos al objeto material "una existencia real". El proceso hasta aquí descrito se justifica en forma exclusiva por

el hecho de que, mediante esos conceptos y las relaciones mentales existentes entre ellos, nos hallamos en condiciones adecuadas para orientarnos en el laberinto de las impresiones sensoriales. Aun cuando son creaciones mentales libres, estas nociones y relaciones nos parecen más sólidas y más inalterables que la experiencia sensorial individual en sí misma, a la que jamás se le puede garantizar por completo que no sea una ilusión o fruto de una alucinación. Además, estos conceptos y relaciones, y también la postulación de objetos reales y, hablando de manera general de la existencia del "mundo real", están justificados exclusivamente en la medida en que se conecten con impresiones sensoriales entre las cuales configuran una conexión mental.

La totalidad de nuestras experiencias sensoriales (uso de conceptos, creación y empleo de relaciones funcionales definidas entre ellos y la coordinación de las experiencias sensoriales con esos conceptos) pueden ser puestas en orden mediante un proceso mental: este hecho en sí tiene una naturaleza que nos llena de reverente temor, porque jamás seremos capaces de comprenderlo por completo. Bien se podría decir que "el eterno misterio del mundo es su comprensibilidad". Uno de los más importantes logros de Emmanuel Kant ha sido postular que el mundo externo real carecería de sentido si careciera de comprensibilidad.

Aquí, al hablar de comprensibilidad, la expresión está utilizada en su sentido más modesto. En este caso, la palabra implica la creación de cierto orden en las impresiones sensoriales; un orden que se produce por la creación de conceptos generales, de relaciones entre dichos conceptos y de relaciones definidas de cierta clase entre los conceptos y la experiencia sensorial. En este sentido es comprensible el mundo de nuestras experiencias sensoriales. El hecho de que sea comprensible es un milagro.

En mi opinión no se puede decir nada *a priori* con respecto al modo en que deben formarse y conectarse los conceptos ni a la manera en que debemos coordinarlos con las experiencias sensoriales. La única guía posible en la creación de ese orden, el único factor determinante, es el éxito. Todo lo que se necesita es fijar un conjunto de normas porque sin esas normas sería imposible adquirir el conocimiento orientado en el sentido en que nos interesa. Se puede establecer una comparación entre esas reglas y las reglas de un juego en el que, si bien las normas en sí mismas son arbitrarias, su rigidez es lo único que hace posible el juego. Sin embargo, el establecimiento de las normas nunca podrá ser definitivo. Tendrá que tener validez tan sólo para un campo especial de aplicación (es decir, que no existen categorías últimas en el sentido que Kant adjudicara a este término).

La conexión de los conceptos elementales del pensamiento cotidiano con los conjuntos de experiencias sensoriales sólo puede ser comprendido por vía intuitiva y no puede fijarse científicamente. La totalidad de estas conexiones -ninguna de las cuales es expresable en términos conceptuales-, es lo único que diferencia el gran edificio de la ciencia de un esquema de conceptos lógico pero vacío. Gracias a esas conexiones, las proposiciones puramente conceptuales de la ciencia se convierten en enunciados generales acerca de conjuntos de experiencias sensoriales.

Denominaremos "conceptos primarios" a aquellos conceptos que están directa e intuitivamente conectados con conjuntos típicos de experiencias sensoriales. Desde el punto de vista de la física, todas las demás nociones adquieren significado sólo en la medida en que estén conectadas con las nociones primarias a través de proposiciones. Hasta cierto punto, estas proposiciones son definiciones de los conceptos (y de los enunciados derivados de ellos por vía lógica) y hasta cierto punto proposiciones que no derivan de las definiciones, hecho que expresa al menos relaciones indirectas entre los "conceptos primarios" y, en este sentido, entre las experiencias sensoriales. Las proposiciones de esta segunda clase son "enunciados acerca

de la realidad" o leyes de la naturaleza, es decir, proposiciones que deben demostrar su validez cuando son aplicadas a las experiencias sensoriales a las que se puede aludir a través de conceptos primarios. Determinar cuáles de esas proposiciones habrán de ser consideradas definiciones y cuáles leyes naturales dependerá en forma concreta de la representación elegida. Establecer esta diferenciación se convierte en una necesidad absoluta cuando se examina el grado hasta el cual no está vacío, desde el punto de vista físico, todo el sistema de conceptos considerados.

### ***La estratificación del sistema científico***

El objetivo de la ciencia es una comprensión tan *completa* como sea posible de la conexión entre las experiencias sensoriales en su totalidad y el logro de ese objetivo *mediante el uso de un mínimo de conceptos primarios y de relaciones*. (Mientras se busca, en la medida de lo posible, una unidad lógica en la imagen del mundo, es decir, parvedad en los elementos lógicos.)

La ciencia utiliza la totalidad de los conceptos primarios, o sea conceptos conectados en forma directa con las experiencias sensoriales, y de las proposiciones que los relacionan. En su primera etapa de desarrollo, la ciencia no contiene nada más. Nuestro pensamiento de cada día se contenta, en términos generales, con este nivel. No obstante, una situación así no puede resultar satisfactoria para quien posea una verdadera mentalidad científica, porque la totalidad de los conceptos y las relaciones obtenidos de esta manera carece por completo de unidad lógica. Con la finalidad de cubrir esta deficiencia, se inventa un sistema más pobre en conceptos y relaciones, un sistema que considera que los conceptos y relaciones del "primer estrato" son conceptos y relaciones derivados lógicamente. En bien de su más elevada unidad lógica, este nuevo "sistema secundario" paga el precio de operar con conceptos elementales (conceptos del segundo estrato) que ya no están conectados de modo directo con las experiencias sensoriales. Una posterior búsqueda de la unidad lógica nos conduce a un sistema terciario, más pobre aún en conceptos y relaciones, mediante la deducción de los conceptos y relaciones del estrato secundario (y de modo indirecto de los del primario). Y el proceso continúa en estos términos, hasta el momento en que hemos llegado a un sistema dueño de la mayor unidad concebible y de la mayor pobreza de conceptos en materia de fundamentos lógicos, que todavía es compatible con las observaciones realizadas por nuestros sentidos. No sabemos si esta ambición será o no capaz de forjar alguna vez un sistema definitivo. Si se recabara una opinión al respecto, lo más probable sería obtener una respuesta negativa. No obstante, mientras se lucha con los problemas, jamás se pierde la esperanza de acercarse a ese objetivo.

Un adepto de la teoría de la abstracción o de la inducción llamará a nuestros estratos "grados de abstracción", pero no considero justificable encubrir la independencia lógica del concepto con respecto a las experiencias sensoriales. No se trata de la relación que existe entre la sopa y el pollo sino, más bien, de la del número del guardarropa y el abrigo.

Los estratos además no están tan claramente separados. No está absolutamente claro qué conceptos pertenecen al estrato primario. En rigor, estamos manejando conceptos formados libremente que, con un grado de certeza suficiente en la práctica, son conectados de manera intuitiva con los conjuntos de experiencias sensoriales de tal modo que, en cualquier experiencia, no se produce ninguna incertidumbre en lo que respecta a la validez de una aserción. El hecho fundamental es el intento de representar la multitud de conceptos y de proposiciones cercanos a la experiencia bajo la forma de proposiciones, deducidas por un proceso lógico a partir de una base —tan estrecha como sea posible—, de conceptos y de relaciones fundamentales que pueden ser elegidas con libertad (axiomas). La libertad de elección, sin embargo, pertenece a una clase muy especial; no se asemeja a la libertad de un escritor de obras de ficción. En rigor, se parece a la de un hombre empeñado en resolver un crucigrama bien pensado: aunque podría proponer cualquier palabra como posible solución, sólo *una* palabra es la que le permitirá resolver el crucigrama con acierto. Es materia de fe que la naturaleza —tal como la percibimos a través de nuestros cinco sentidos—, asume las características de un crucigrama bien pensado. Los éxitos que hasta el presente ha cosechado la ciencia otorgan una cierta base para mantener esa fe, sin duda alguna.