

La naturaleza del mundo físico



Sir **Arthur Stanley Eddington**: (1882-1944) Astrónomo inglés, famoso como intérprete de la teoría de la relatividad y por sus numerosas obras sobre los aspectos filosóficos de la astronomía y otras ciencias físicas, nacido en Kendal (Westmorland) y fallecido en Cambridge.

Sus investigaciones en el observatorio de Cambridge comprendieron las corrientes estelares y la estructura de las galaxias. Los estudios sobre la constitución interna de las estrellas condujeron a su descubrimiento de la relación entre las masas estelares y sus luminosidades.

Tal vez el mayor de sus triunfos acerca de la teoría de la relatividad fue la comprobación de la predicción de Einstein en el sentido de que los rayos de luz, al pasar por las inmediaciones del Sol, habrían de resultar desviados por el potente campo gravitatorio del mismo. El fenómeno fue estudiado durante el eclipse de mayo de 1919 con el resultado de que las fotografías tomadas por Eddington en la isla de Príncipe, y por Crommelin en Sobral, mostraron efectivamente la desviación vaticinada por Einstein.

LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EXACTA.- Examinemos, pues la naturaleza del conocimiento que atañe a las ciencias exactas. Si buscamos entre las cuestiones más inteligibles que suelen plantearse los exámenes de física y ciencias naturales, quizá encontraremos alguna que comienza más o menos así: *"Un elefante resbala sobre césped de una colina y se desliza cuesta abajo por la pendiente."* Un candidato avezado sabe que no de conceder mayor importancia a semejante descripción, pues sólo ha sido hecha **para dar mayor impresión de realidad**.

El estudiante sigue leyendo: *"la masa del elefante es de dos toneladas"*. Ahora estamos ante un hecho concreto; el elefante desaparece del problema y en su lugar queda una masa de dos toneladas. ¿Qué son exactamente esas dos toneladas que constituyen el verdadero asunto del problema? Se refieren a cierta propiedad o condición designada vagamente con el nombre de "ponderosidad", la cual se manifiesta en determinada región del mundo exterior.

Pero justo es reconocer que por este camino no iremos muy lejos; (...) Poco importa a qué se refieren las dos toneladas; qué es lo que son; cómo han conseguido penetrar de manera tan precisa en el dominio de nuestra experiencia. Dos toneladas es **lo que indica la aguja de la balanza**.

Sigamos: *"la pendiente es de 60 grados"*. La colina también desaparece del problema y en su lugar nos queda un ángulo de 60 grados. ¿Qué son 60 grados?. No hay por que luchar contra ningún concepto místico en lo referente a la dirección: 60 grados es la graduación indicada por el **hilo de una plomada** cuando se mueve contra las divisiones de un transportador.

Lo mismo ocurre con los demás datos del problema. (...) Desde luego, existen medios indirectos usados en la práctica que permiten determinar el peso de los elefantes, así como el grado de inclinación de las pendientes. Esos medios se justifican porque es cosa comprobada que gracias a ellos logramos **los mismos resultados** que aquellos obtenidos mediante las indicaciones métricas.

Comprobamos así que la poesía desaparece del problema y que **desde el momento que comienzan a aplicarse los métodos de las ciencias exactas sólo nos quedan indicaciones métricas**. Así, pues, **si en la máquina de calcular científicamente sólo se ponen indicaciones métricas** o sus equivalentes científicos, **¿cómo podemos extraer de ella otra cosa que indicaciones métricas?** Naturalmente, eso es lo que obtenemos: Probablemente la cuestión se reduce a averiguar cuánto tiempo tarda el elefante en deslizarse por la pendiente de la colina y la respuesta nos lleva a la aguja del reloj al marcar en el cuadrante el mismo el número de segundos que ha durado el descenso.

El triunfo de la ciencia exacta en el problema precedente consistió en establecer una relación numérica entre lo que señalaba la aguja indicadora de la balanza en uno de los experimentos y el número de segundos indicados por la aguja del reloj en el otro. Cuando examinamos con ojo crítico otros problemas de la física, encontramos que el precedente constituye un ejemplo típico. El objeto de las ciencias exactas se basa en indicaciones métricas y otras indicaciones similares.

No podemos aquí entrar a definir aquello que debe ser clasificado como *indicaciones similares*. La observación de la coincidencia aproximada de la aguja con la división de la escala puede, en general,

extenderse hasta abarcar la observación de cualquier género de coincidencia o, según la expresión corriente en el lenguaje de la teoría general de la relatividad, una *intersección de líneas del universo*.

El punto esencial es éste: aun cuando parece que tuviéramos conceptos perfectamente definidos de objetos situados en el mundo exterior, esos conceptos **no forman parte del dominio de la ciencia exacta**, y de ninguna manera están confirmados por ella. Antes que la ciencia exacta pueda comenzar a tratar el problema, corresponde **reemplazar esos conceptos por cantidades que representan los resultados de las mediciones físicas**.

Quizá haga usted esta objeción: que aun cuando las indicaciones métricas entran únicamente en el cálculo actual, el problema no tendría sentido si se hiciera caso omiso de otra cosa. Desde luego, el problema implica cierto género de relación con lo fundamental. No fueron las indicaciones métricas de la balanza las que se deslizaron cuesta abajo en la colina. Y sin embargo, desde el punto de vista de la ciencia exacta, lo que en realidad rodó por la pendiente de la colina no puede representarse sino como un conjunto de indicaciones métricas. Conviene recordar que la colina también ha sido reemplazada por indicaciones métricas y que el deslizamiento ha dejado de ser un suceso vívido para convertirse en una **relación funcional de mediciones de espacio y tiempo**.

La palabra "elefante" implica cierta asociación de impresiones mentales, pero, desde luego, las impresiones mentales no pueden constituir el objeto de un problema estudiado por la física. Tenemos, por ejemplo, una impresión de volumen. Es de presumir que esta impresión tiene su contrapartida directa en el mundo externo, mas esta contrapartida, probablemente, es de una naturaleza inasequible a nuestra comprensión, y por lo tanto, la ciencia nada puede obtener de ella. El volumen penetra en la ciencia exacta también mediante otra sustitución: lo reemplazamos por una serie de indicaciones sobre un compás de espesor. Igualmente la impresión mental gris oscura del elefante es sustituida en la ciencia exacta por las indicaciones de un fotómetro para las diversas longitudes de ondas luminosas. Y así sucesivamente, hasta que todas las características del elefante hayan sido reemplazadas por una serie de mediciones. Siempre nos encontramos ante esta triple correspondencia:

- a) Una imagen mental, que está en nuestra mente y no en el mundo exterior.
- b) Alguna forma de contrapartida en el mundo exterior de naturaleza desconocida.
- c) Una serie de indicaciones métricas que la ciencia exacta puede estudiar y relacionar con otras lecturas de graduaciones.

Y de esta suerte tenemos nuestra serie de indicaciones listas para comenzar el descenso. Si después de todo esto sigue usted creyendo que esa sustitución ha quitado toda realidad al problema, no lamentaré que sienta usted la anticipación de la dificultad que siempre aguarda a quienes pretenden que la ciencia exacta es omnisuficiente en lo concerniente a la descripción del universo, y que no existe nada en nuestra experiencia que no pueda incluirse en su dominio.

Quisiera demostrar claramente que cuando limito el dominio de la física a indicaciones métricas, no caigo en una manía filosófica de mi cosecha, sino que me limito a exponer esencialmente la doctrina científica corriente. Es éste el resultado de una tendencia que comenzó a revelarse hace muchos años en el siglo pasado, pero que sólo fue formulada de una manera comprensiva cuando apareció la teoría de la relatividad.

El vocabulario del físico comprende cierto número de palabras, tales como *longitud, ángulo, velocidad, fuerza, potencial, corriente*, etcétera, que denominaremos "**magnitudes físicas**". Se reconoce ahora que es asunto esencial **definir** esas magnitudes de acuerdo al conocimiento que de ellas tenemos cuando nos enfrentamos con ellas y no de acuerdo al significado metafísico que podemos haberles atribuido por anticipado.

En los antiguos libros de texto se definía la masa como una *cantidad de materia*; mas cuando llegaba el momento de determinarla, se describía un método experimental que nada tenía que ver con esa definición. La creencia de que la cantidad establecida por ese método aceptado de medición representaba la cantidad de materia contenida en el objeto, no era, en realidad, sino una "*opinión complaciente*". Actualmente no tiene sentido decir que la cantidad de materia en un kilo de plomo es igual a la que contiene un kilo de azúcar. La teoría de Einstein echa a todos los vientos esas "opiniones complacientes" e insiste en que cada magnitud física debe ser definida como resultado de ciertas operaciones de medición y cálculo. Puede usted, si así lo desea, pensar en la masa como en algo de naturaleza inasequible, con lo cual la aguja de un instrumento indicador guarda cierta relación. Pero, en

el dominio de la física cuando menos, ningún provecho se obtiene con esa mixtificación, porque en la ciencia exacta lo que cuenta, es **la indicación misma** y si usted introduce en esa indicación algo de naturaleza más trascendente, se encontrará usted frente a la dificultad de tener que extraer lo que ha puesto en ella.

Indudablemente, cuando decimos que la masa es de dos toneladas, no nos representamos en particular la indicación dada por la aguja de la balanza. Esto se debe a que para resolver el problema no tomamos como punto de partida el resbalón dado por el elefante, como si ésta fuera la primera encuesta que hubiéramos llevado a cabo entre los fenómenos del mundo exterior. El examinador debía haber sido mucho más explícito, de no haber supuesto que ya habíamos adquirido cierto conocimiento de las leyes elementales de la física, a saber: Las leyes que nos permiten deducir las indicaciones métricas de otros instrumentos gracias a las indicaciones métricas de uno de ellos. *Es este encadenamiento de indicaciones métricas, expresado por las leyes físicas, lo que nos suministra el fundamento continuo requerido de todo problema en el dominio de la realidad.*

Resulta evidente que una de las condiciones del problema consiste en que el elefante sometido al experimento del pesaje sea el mismo que aquel que resbaló por la pendiente de la colina. ¿Cómo puede esa identidad expresarse en una descripción del mundo mediante las indicaciones métricas únicamente? Dos indicaciones pueden ser *iguales*, mas no tiene sentido averiguar si son *idénticas*; por lo tanto, si el elefante no es más que un conjunto de indicaciones métricas, ¿cómo podemos averiguar si sigue siendo siempre el conjunto *idéntico*? El examinador no nos hace saber cómo ha logrado comprobar la identidad del elefante; sólo tenemos su garantía personal de que no ha habido sustitución. Quizá el animal respondió a su manera cuando se le llamó por su nombre en ambas ocasiones; si así ocurrió, la prueba de identidad, indudablemente, está fuera del dominio actual de la física. La única prueba en ese dominio es la continuidad; no debe perderse de vista al elefante un solo instante desde que sale de la balanza hasta que llega a la falda de la colina. Conviene no olvidar que el elefante es un tubo en el mundo tetradimensional separado del resto del espacio-tiempo por un límite más o menos abrupto. Si el observador usa la retina de su ojo como una escala graduada y observa con frecuencia las indicaciones sobre el contorno de la imagen, se asegurará de que sigue el trayecto de un tubo del universo aislado y continuo desde el principio hasta el fin. Si durante algunos instantes nuestro observador ha descuidado su vigilancia, el elefante puede haber sido sustituido y, en consecuencia, se corre el riesgo de que el tiempo anotado durante el descenso no concuerde con el tiempo calculado¹. Conviene tener en cuenta que no deducimos que exista identidad en el contenido de un tubo aislado del mundo a lo largo de toda su longitud; semejante identidad no tendría sentido en la física. En su lugar recurrimos a la ley de conservación de la masa (ya como ley empírica, ya como ley deducida de la gravitación), la cual nos asegura que, siempre que el tubo se mantenga aislado, las indicaciones de la serie derivada del experimento de la balanza tienen un valor constante a lo largo del tubo. Para la ciencia exacta, el "*mismo objeto*" es reemplazado por el "**tubo del mundo aislado**". La invariabilidad de ciertas propiedades del elefante, no son consideradas evidentes por sí mismas debido a su identidad constante; se deducen de leyes experimentales y teóricas relacionadas con "tubos del mundo". Cabe agregar que dichas leyes están aceptadas e igualmente establecidas.

LÍMITES DEL CONOCIMIENTO DE LA CIENCIA FÍSICA. — Siempre que establecemos las propiedades de un cuerpo bajo la forma de magnitudes físicas, adquirimos un conocimiento que responde a los datos aportados por los aparatos indicadores **y nada más**. Desde luego, un conocimiento de esa naturaleza se comprende fácilmente. Conocer la respuesta de toda clase de aparatos, balanzas y otros indicadores, respecto a un cuerpo, implicaría determinar la selección de ese cuerpo con todo lo que lo rodea, quedando sólo por determinar su naturaleza inasequible. En la teoría de la relatividad aceptamos esto como conocimiento completo; la naturaleza de un objeto, en tanto que es garantizado por la investigación científica, consiste en la abstracción de sus relaciones respecto a todos los objetos circundantes. El progreso de la teoría de la Relatividad se debe en su mayor parte al desarrollo de profundos cálculos matemáticos que permiten reducir sucintamente una serie infinita de indicaciones métricas; el término técnico "*tensor*", tan empleado en los tratados que se refieren a la teoría de Einstein, puede ser traducido por "serie de datos aportados por los aparatos de medición". El

¹ Las observaciones astronómicas nos ofrecen un ejemplo característico de semejante sustitución en el caso de cierta estrella doble con dos componentes de idéntica luminosidad. En cierto caso, después de interrumpir la observación, inadvertidamente se invirtieron los dos componentes y la sustitución no fue observada hasta que pudo comprobarse la diferencia progresiva entre la órbita pronosticada y la órbita real.

hecho de que la matemática se adapte tan estrechamente a las concepciones físicas, forma parte del atractivo estético de la teoría matemática de la relatividad. No ocurre lo mismo con todos los tópicos. Por ejemplo, podemos admirar el triunfo de la paciencia del matemático al predecir casi con rigurosa exactitud la posición de la luna, mas desde el punto de vista estético la teoría lunar es deplorable; no cabe duda que la luna y el matemático usan métodos diferentes para determinar la órbita lunar. Pero, mediante el uso de los tensores, el físico matemático describe exactamente la naturaleza de aquello que investiga como una serie de datos aportados por las indicaciones métricas y toda intervención de imágenes y concepciones que no se encuadran dentro de la ciencia física quedan automáticamente descartadas.

La filosofía de la ciencia física

Estoy a punto de pasar del marco científico de la Epistemología² científica, al marco filosófico de la misma. Este es, por lo tanto, un lugar apropiado para comparar la concepción epistemológica con la más aceptada comúnmente en la filosofía científica. La siguiente afirmación es bastante típica: *“El que la ciencia se ocupe de la correlación racional de la experiencia, en lugar del descubrimiento de fragmentos de la verdad absoluta acerca del mundo externo, es un punto de vista que tiene hoy una amplia aceptación”*³

Creo que el físico medio, si sostiene algún punto de vista filosófico respecto de su propia ciencia, está de acuerdo con esto. La expresión *“correlación racional de la experiencia”* tiene un tinte de ortodoxia que la hace digna de ser aplaudida. El repudio de finalidades más atrevidas produce una sensación agradable de modestia.

En lo que a mí respecta, acepto la afirmación siempre que “ciencia” signifique “física”. **He tardado veinte años en asimilarla**⁴; pero mediante una masticación continua durante todo ese periodo, he conseguido ir la deglutiendo poco a poco. Me sorprende, por tanto, ver la manera despreocupada con que se formula y acepta esa afirmación.

No tengo nada que reprochar al físico medio respecto de su credo filosófico, excepción hecha de que, **en la práctica, se olvida completamente de él**. El acertijo insoluble para mí es encontrar cómo una creencia de que la física se ocupa sólo de correlaciones de experiencia y no de la verdad absoluta acerca del mundo externo, puede ser compatible con una negación continua a tratar la física teórica como una descripción de correlaciones de experiencias y con una insistencia en tratarla como una descripción del contenido de un mundo objetivo absoluto.

Esta afirmación significa que los métodos de la física son impotentes para descubrir fragmentos de la verdad absoluta acerca de un mundo externo; porque no tendríamos derecho a privar a la humanidad del conocimiento de la verdad absoluta acerca del mundo externo, si eso estuviese dentro de nuestros medios. Si los laboratorios, construidos y dotados con gastos tan grandes, pudiesen contribuir al descubrimiento de la verdad absoluta acerca del mundo externo, sería condenable no usarlos con esa finalidad. Pero la afirmación de que los métodos de la Física no pueden revelarnos la verdad absoluta (objetiva) ni aun fragmentos de ella, apoya mi afirmación fundamental de que el conocimiento obtenido mediante esos métodos es totalmente subjetivo. En realidad, la apoya demasiado fácilmente, pues esta consecuencia debería ser obtenida sólo mediante investigaciones laboriosas. Como ya he señalado, las ciencias, excepción hecha de la Física y la Química, no tienen tan limitado su alcance. El descubrimiento de signos inequívocos de vida inteligente en otro planeta, debería saludarse como un descubrimiento astronómico de los que hacen época, pues difícilmente podría negarse que ese sería el descubrimiento de un fragmento de la verdad absoluta acerca del mundo exterior a nosotros.

Limitándonos a la Física, la Filosofía científica más aceptada comúnmente es la que afirma que esta ciencia no se ocupa del descubrimiento de la Verdad absoluta acerca del mundo exterior y que sus

² Epistemología es sinónimo de Filosofía de la Ciencia

³ Revisión general, sin consignación de autor, *PbU. Mar.* vol. 25, página 884, 1938.

⁴ Se refiere, por tanto al periodo 1918-1938. En estos años aparecieron novedosas teorías físicas como la de la Relatividad (especial y general), la del Big-Bang, etc.

leyes no son fragmentos de la verdad absoluta del mundo externo o, como ya lo he dicho, no existen leyes del mundo objetivo. ¿Qué son entonces las leyes y cómo las encontramos en nuestras correlaciones de experiencias? Hasta dónde podemos averiguar, mediante un examen del procedimiento de correlación de nuestra observación experimental, la manera como esas leyes tan complicadas se han introducido subjetivamente en nuestra experiencia, parece prematuro aceptar una filosofía que nos prohíba toda posible explicación acerca de su origen, y ese es el examen que hemos estado haciendo.

Al final, de nuestra jornada, nos encontramos con que, después de tanta alharaca, hemos dado un paso de lo sublime a lo ridículo, pues en vez de bregar por subir a un picacho aislado, hemos llegado a un campamento de creyentes que nos dicen: "Esto es lo que hemos estado afirmando durante muchos años". Es presumible que acogerán con señales de bienvenida a los viajeros, rendidos por la fatiga, que al final han hallado un lugar de reposo en la fe verdadera. De todos modos, dudo un poco de esta acogida benevolente, pues quizá la afirmación, de un modo análogo a muchos credos religiosos, sólo fue ideada para ser expuesta y aplaudida. Cualquiera que cree es algo herético.