




---



---

**COLABORACIONES**


---



---

# REALISMO Y RACIONALIDAD: FILOSOFIA DE LA CIENCIA EN ALBERT EINSTEIN

CESAR GOMEZ  
Salamanca

---

## 1. REALISMO Y RACIONALIDAD

---



Tomaremos como problema definitivo de la filosofía de la ciencia el de la justificación del carácter objetivo del conocimiento, que sobre el mundo, ésta nos reporta. Antes de presentar una postura al respecto de esta cuestión me parece conveniente encuadrar lo más precisamente posible la naturaleza del problema al que deseamos enfrentarnos.

Si nos preguntamos ¿en qué grado el conocimiento científico es objetivo? podríamos inicialmente plantearnos la pregunta como una de naturaleza típicamente evaluativa. En este sentido deberemos aceptar que es posible encontrar un conjunto  $P_1 - P_i...$  de propiedades que toda forma de conocimiento deberá poseer si quiere alcanzar el status de objetivo. Este planteamiento presenta varias dificultades serias, en primer lugar la aplicabilidad de este supuesto criterio de objetividad, exige que el conocimiento científico sea presentable en tal forma que  $P_1 - P_i...$  sean en alguna forma testables; por otra parte y lo que es quizás más importante, nos debemos enfrentar a la posible ambivalencia de significados entre el término objetivo caracterizado por  $P_1 - P_i...$  y el uso natural que de objetivo haremos en nuestra forma cotidiana de habla. Estas ambivalencias de significado no son por otra parte necesariamente trágicas como han supuesto algunos filósofos de Oxford, efectivamente, si no suponemos un lenguaje natural esclerotizado y sacrosanto la especificación rigurosa de términos como objetivo puede ser progresivamente asimilada al habla común pudiendo llegar a modificar, hasta casos paradigmáticos de uso. Aunque podemos defen-

der esta postura, es necesario no olvidar completamente las enseñanzas de los filósofos del lenguaje común, pues no deja de parecer gratuito imaginar qué términos del habla común como objetivo no posean contacto semántico alguno con formas concretas de definición de objetivo en términos de algún conjunto de propiedades  $P_1 - P_i...$  El problema, nace en el seno del lenguaje, y aunque podemos pensar su solución vía rigorizaciones semánticas de los términos en litigio, deben ya existir en éste, algunas formas aceptadas de uso de tales términos. Cuando alguien dice que no estamos justificados a considerar alguna forma de conocimiento como objetivo, entre las cosas que hace, una es evidentemente señalar una falta de gramática profunda o bien proponer una modificación de ésta. Debemos aceptar este aspecto de la filosofía del lenguaje común sin por esto sentirnos obligados a pensar con Wittgenstein (1) que ir contra un aspecto de la gramática profunda de nuestro lenguaje sea necesariamente un sinsentido. Si al referirnos al conocimiento científico negáramos su carácter objetivo sobre algún presupuesto previo, se nos podría fácilmente argumentar que tal modificación del significado de objetivo no es posible sin alterar de forma radical el contacto del concepto propuesto con el utilizado en el habla normal; esto se podría decir de cualquier caso paradigmático de uso. La posibilidad de evolución conceptual sobre la base primera del lenguaje común, vemos que plantea dificultades paralelas a la evolución conceptual que se desarrolla en la propia ciencia. En este sentido hemos de inclinarnos por la postura de Toulmin (2) y no por el supuesto de intraducibilidad del

(1) Wittgenstein, L. Zettel Ed. por G.E.M. Ascombe y G.H. von Wright. Traducción inglesa de G.E.M. Ascombe. Oxford: Blackwell, 1967.

(2) Toulmin, S.

que parten Kuhn (3) y Feyerabend (4), supuesto del que dimanarían sus concepciones revolucionarias o irracionales del cambio conceptual, análogas a nuestro entender a las concepciones «místicas» de Wittgenstein sobre ética (5).

Como hipótesis de trabajo podremos considerar que la formulación rigurosa en forma testable de términos evaluativos del lenguaje ordinario, resume parcialmente nuestras formas de racionalidad. Efectivamente la especificación y peso de las  $P_1 - P$  con que fijamos un término evaluativo resume las formas racionales de uso del mismo.

El lenguaje es aprendido en una forma difícil de aclarar completamente; no obstante cuando se nos proporciona un utensilio de juicio como lo es un término evaluativo, aunque seamos bombardeados por formas aceptadas de su uso, también lo somos con justificaciones constantes de por qué se utiliza en tales, y tales casos.

Aprendemos simultáneamente el uso de términos evaluativos y los esquemas de racionalidad; los casos paradigmáticos de alguna manera señalan con mayor fuerza los presupuestos de tales formas de racionalidad. La esclerotización del lenguaje o la caída en el irracionalismo revolucionario como explicación del cambio conceptual está fundamentada necesariamente en una forma de «error logicista». Efectivamente es supuesto ordinariamente que abstraer la lógica interna, entendiendo este término en su sentido más paralelo al de «forma de vida» Wittgensteniana de un conjunto de proposiciones admite el cambio de estas por otras significativamente distintas de las anteriores manteniendo aún el mismo conjunto de usos. En este sentido el cambio conceptual, como reemplazo del contenido de unos casilleros previamente estructurados, es inconcebible racionalmente, cayendo necesariamente en formas inexplicables de intraducibilidad (Teorías como cuerpos semánticos autónomos). No obstante deberemos pensar que el uso de términos evaluativos (y de los términos teóricos) como reflejo de nuestras formas de racionalidad no admite la separación entre lógica de uso y contenidos semánticos. Nuestro uso de los términos evaluativos es inseparable de su propio contenido semántico. En este sentido la evolución conceptual no es un progresivo reemplazo de los presupuestos de la racionalidad dentro de un esquema lógico establecido e imperturbable, sino que es un progresivo enriquecimiento de la propia estructura del uso, no exigiendo de esta forma procesos revolucionarios ni irracionales de cambio para ser explicada. De esta manera aceptamos respecto de los términos evaluativos la posibilidad de presentación rigurosa en función de un conjunto de propiedades  $P - P_i$ ... con los que haremos explícitas nuestras formas de racionalidad. Por otra parte la evolución se produce no por un cambio de  $P - P_i$  a  $P_i - P_i$  con el mismo uso interno de los mismos, sino mediante una modificación sincronizada de los  $P_i$  y de su forma de uso, en este sentido la evolución está fuertemente encajonada. Efectivamente los cambios en lógica, aunque esta sea entendida como «forma de vida»

Wittgensteniana son altamente reducidos y deberemos pensar como heurística explicativa de los mismos los propios procesos ordinarios de «ontogénesis», en el sentido más cercano posible al de Quine (6).

Es claro, por otra parte, que las propiedades  $P_1 - P_i$  con las que esperásemos caracterizar las formas de conocimiento objetivo, además de reflejar nuestras formas establecidas de racionalidad determinarían el aspecto que a la propia conciencia de Dios presenta su conocimiento objetivo del mundo y en consecuencia los atributos de Dios resurten nuestras aspiraciones de racionalidad. Utilizando una terminología más clásica y considerando que conocer algo equivale a hacérselo inteligible y que esto es realizado sobre la base de unos esquemas compartidos de inteligibilidad a modo de los «ideales de orden natural» de Toulmin (7) y que, por otra parte, éstos no son sino nuestros propios esquemas categoriales cuya aplicabilidad determina la posibilidad de lo inteligible, el problema de lo objetivo se reduce a encontrar aquellos esquemas categoriales que se aproximen más a los poseídos por el propio Dios. De esta manera alcanzaremos la máxima inteligibilidad con el mínimo de subjetivismo. Aceptar este primer paso es definitorio de una postura racionalista-realista. La forma en que esta postura se ha materializado a través de la historia es vía la progresiva geometrización de la materia. Evidentemente los esquemas categoriales que se nos antojan más próximos a los poseídos por Dios son aquellos constituídos por cuerpos de juicios analíticos. Lo nouménico, lo real objetivo es descrito por medio de juicios analíticos. El cuerpo básico de lo analítico ha sido tradicionalmente localizado en las matemáticas y particularmente en la geometría. La geometrización de la materia es tanto como elevar a inteligible y en consecuencia accesible a nuestra razón el mundo fenoménico material. Este proyecto es iniciado por Descartes y posee sus epígonos en Einstein y Wheeler (8).

Antes de profundizar en las posturas de estos autores, fundamentalmente de Einstein, deberemos matizar algo más las posibilidades y derivaciones del realismo-racionalista. Nuestro problema evidentemente es localizar la lógica real a la que responden las propiedades con las que vamos evaluando el grado de objetividad de nuestro conocimiento. La postura cartesiana esbozada anteriormente esclerotiza ésta a la lógica del proceso matemático considerándola como la propia lógica clásica. Nosotros intentaremos mostrar que el aspecto básico de la lógica interna de la racionalidad es la «lógica de la duda» impresa en nuestras formas comunes de habla; con ello nos queremos referir a lo expuesto por Wittgenstein en sus *Philosophical Investigations* cuando en el apartado § 87 dice: «One might say: an explanation serves to remove or to avert a misunderstanding one, that is, that would occur but for the explanation; not every one that I can imagine» (9), y a su análisis de las proposiciones incontrovertibles

(3) Kuhn, T.S. «The Structure of Scientific Revolutions» University of Chicago Press 1962 (Traducción castellana F.C.E. 1971).

(4) Feyerabend, P.K. *Against Method*. (Minnesota Studies in the Philosophy of Science Vol. IV) (Traducción castellana Ariel 1974).

(5) Wittgenstein, L. «A Lecture on Ethics» *The Philosophical Review*, 74 (1965) 3-12.

(6) Quine, W.V.O. «The Roots of Reference» (Traducción castellana de Sacristan Revista de Occidente 1977).

(7) Toulmin, S. *Foresight and Understanding* ch 3, 4. Harper Tarchbooks, Harper & Row, New York (1963).

(8) Wheeler, J.A. *Geometrodynamics*. Academic Press New York. 1962.

en *On certainty* (10). Evidentemente al decir respecto de un determinado fenómeno natural F que lo conozco y entendiendo por ello la existencia de una Teoría T que me lo explica, que me lo hace inteligible, deberé decir que «T logra explicar F» si es capaz de responder toda pregunta con «sentido» acerca de F. De esta manera conozco F si las propiedades  $P_1 - P_i$  que fijan las formas de conocimiento objetivo que determinan el conjunto de preguntas con sentido acerca de F coinciden con aquellas a las que es capaz de responder T. De otra forma, dado lo que T no pudiese responder, esto debería ser considerado como incontrovertible, indudable en el cuerpo de racionalidad compartido por aquella comunidad que usa T como elemento explicativo. Su cuerpo de proposiciones incontrovertibles en el juego de la duda forjado sobre sus esquemas de racionalidad, es su forma de referirse al mundo, su manera de hacerse inteligible la experiencia, sus propios esquemas categoriales. Ante esto es obvio que debemos plantearnos el problema de la propia evolución conceptual, de cuerpos de racionalidad. Sus posibilidades no son tantas como a primera vista cabría suponer; el cuerpo de proposiciones que se usan como incontrovertibles no puede ser incoherente con las formas comunes de observación directa aceptada, es decir no es aceptable mantener como indubitante que la ceguera es castigo divino cuando es observado que ciertas perturbaciones de la retina la producen infaliblemente. La adaptación progresiva, de los cuerpos de lo incontrovertible asociados a las formas de la racionalidad sobre los que se forja el carácter explicativo de las teorías, con la observación directa convenientemente canalizada y refinada, determina el esquema del racionalismo-realista científico en el que debemos encuadrar más o menos conscientemente al gran conjunto de los científicos profesionales y en particular a Einstein.

## 2. PLATÓN VERSUS DESCARTES

Como dijimos en el apartado anterior la inteligibilidad del mundo sensible ha sido pensada como posible sobre la base de proceder a formas de geometrización de la materia.

El binomio conceptual espacio-materia ha localizado ya desde Platón la frontera entre lo racional y lo irracional y los progresivos intentos de identificación de estas categorías deben ser considerados como ejemplos básicos de la aventura racionalista de la humanidad.

Debemos considerar el Timeo (11) de Platón como el punto de partida de este proceso identificador. Efectivamente en este diálogo Platón nos presenta una cosmo-

(9) Wittgenstein, L. «Philosophical Investigations» (Traducción del alemán por G.E.M. Ascombe) Basil Blackwell, OXFORD 1974.

(10) Wittgenstein, L. «On Certainty» Ed. por G.E.M. Ascombe. Traducción inglesa D. Paul y G.E.M. Ascombe OXFORD Blackwell 1969 (Traducción castellana de M.V. Suárez 1972).

(11) Platón. Ver Bury, E.G. Trans and ed Plato: Timens Critias, Cleitophon, henexeuns Epistles. Cambridge Mass, Harvard University Press (1929).

gonia en la que el espacio deja de ser considerado un ámbito pasivo de lo material para entrar a formar parte de su propia génesis. El espacio en Platón actuara como receptáculo «chora» activo y maternal del mundo fenoménico y en este sentido se inicia la posibilidad de la identificación de ambas categorías. El camino a seguir una vez se ha procedido a presentar el espacio como elemento activo en la génesis del mundo sensible es proceder a racionalizar este sobre la base del aparato geométrico con que describimos lo espacial, no obstante la posición de Platón en su Timeo es en este sentido opuesta y declaradamente irracionalista. En Platón el mundo físico no puede nunca ser totalmente racionalizado o hecho inteligible, la inteligibilidad perfecta reside sólo en las formas. El mundo sensible participa de las formas mediante una misteriosa relación de semejanza, ahora bien el mundo sensible no es una simple imagen debilitada del mundo ideal de las formas puras, contiene elementos nuevos, aspectos básicamente irracionales, movimientos, fuerzas, cambios que como señalan Grote y Conford (12) hay que entenderlos en el sentido negativo de no ser regulares ni predecibles. Por otra parte Platón encuentra la necesidad de incluir una madre sobre la cual las formas puras localizadas en ella a modo de germen fructifiquen en el mundo sensible. Esta necesidad es alcanzada mediante un «razonamiento bastardo» (13) y es fijado el espacio como tal «chora» maternal.

En este sentido el espacio ocupa para Platón un lugar generativo del mundo físico. El espacio para Platón se presenta como una necesidad de lógica bastarda en un razonamiento bastardo que debe interpretarse como un intento de aprehender lo esencial del mundo físico y material. Por otra parte el irracionalismo Platónico en lo que se refiere al mundo físico surge de su propio razonamiento. Efectivamente Platón nos dice que «esta madre de todo lo que es visible y sensible» de «estar desprovista de todas las formas que debe recibir» pues si poseyera alguna «cuando viniera una forma contraria se prestaría mal a ello y la desnaturalizaría metamorfoseandola en su propia imagen». Este es el punto básico en la concepción de Platón que limita la posibilidad de imaginar una racionalización total del mundo físico. Platón no concibe una «forma» capaz de actuar como generatriz del mundo físico y al mismo tiempo no deformar las manifestaciones sensibles de las formas puras. De esta manera el espacio al que llega por un razonamiento bastardo localiza a Platón en una línea próxima a la propia geometrodinámica einsteiniana pero al contrario que en Einstein o en Descartes esto no dará lugar a una racionalización de lo fenoménico sino por el contrario a su esencial irracionalidad ya que el espacio no es concebido como pura forma, de otra manera, no es concebido como «geometría». En el Timeo de Platón podemos por otra parte encontrar una geometrización parcial de la «química» de la materia sobre la base aún de la concepción de Empedocles de los 4 elementos (14). Ya a lo largo del Timeo podemos localizar las dificultades básicas de toda pretensión de anular la frontera

(12) Cornford, Plato's Cosmology pág. 171 Liberal Arts Press New York 1957.

(13) El falso Timeo de Locres expone que percibimos la materia indirectamente y por analogía. Para el análisis del razonamiento «bastardo» ver Graves (15) y citas allí contenidas.

(14) Vlastos, G. Plato's Universe Clarendon Press Oxford 1975.



entre materia y espacio. Estas son en general explicar las formas de los cuerpos y sus movimientos es decir construir una física apropiada. Varios siglos típicamente newtonianos han mostrado la efectividad de una postura atomista.

En Descartes encontramos una postura racionalista en la dirección de unificación de materia y espacio y al mismo tiempo un rotundo fracaso en la física que tal postura le obligó a construir.

Consideraremos como puente básico de unión con la presentación hecha de Platón la sustitución por parte de Descartes del razonamiento «bastardo» por uno fundamentado en el «rigor» que exigen las reglas del buen pensar cartesiano. Para Descartes por medio del «giro epistemológico» lo real se identifica con aquello que puede pensar de manera clara y distinta. Lo esencial del mundo físico es obtenido por un razonamiento claro y distinto que es la única manera en la que «le bon Dieu» no puede consentir que nos engañemos. Por otra parte este tipo de razonamiento es matemático y en consecuencia la realidad nuestra sabiduría ontológica, es ordenada a modo geométrico reduciéndose la física a matemáticas y alcanzando de

esta manera la inteligibilidad total del mundo físico, así leemos en la 5ª meditación que considera las cosas materiales «como objetos de la pura matemática puesto que de tal suerte las concibe clara y distintamente».

Para Descartes lo «esencial» de la materia y en consecuencia lo que constituye su realidad es la «extensión». Ahora bien la «extensión» no es sólo la esencia de todo cuerpo material, es también la esencia del espacio en que estos cuerpos pueden ser localizados y en consecuencia se concluye que materia y espacio son una y la misma cosa. Este paso es necesariamente el decisivo en la racionalización del mundo físico, lo irracional; la materia, y lo racional; el espacio son idénticos, de donde se concluye la posibilidad de la inteligibilidad del mundo físico.

Este hermosísimo proyecto intelectual chocará en Descartes con el problema de la explicación del movimiento y de las formas de los cuerpos.

Podemos concluir con Graves (15) que la identifi-

(15) Graves, J.C. *The Conceptual Foundations of Contemporary Relativity Theory*. The MIT Press 1971.

cación de materia y espacio debe presentar dos aspectos: (1) todo lo material es extendido y (2) todo lo extendido debe ser material. De aquí resulta ya el primer problema al que se tiene que enfrentar Descartes y que constituye un análogo del que se plantea Platón en el *Timeo*, a saber: ¿qué es la naturaleza de una figura, qué es la forma geométrica que sirve de frontera a un objeto particular?. En este momento Descartes se ve obligado a introducir un elemento nuevo de explicación (16), efectivamente sugiere que la figura y las otras propiedades observables son resultado del movimiento. Por otra parte su concepción del espacio como un «plenum» no le permite concebir el cambio de lugar de un cuerpo dejando un lugar vacío y es en este sentido que se ve obligado a introducir su teoría de los vórtices. Todo esto constituye un riquísimo anecdotario sobre las dificultades, que un proyecto de racionalización de la materia en el sentido de disolver la frontera entre las categorías materia y espacio, presenta. La postura einsteniana por su parte se localizará ya sobre una dualidad impresa por el electromagnetismo en el ámbito de lo material a saber la diferencia entre partícula y campo. El intento de anular esta separación y de identificar campo y geometría es todo el «mundo» de la relatividad general y de las geometrodinámicas posteriores. En este artículo no nos vamos, evidentemente a ocupar de ellos dando sólo las referencias bibliográficas más importantes (17).

---

### 3. LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA EN EINSTEIN: CONTACTOS CON LA HEURISTICA MATEMATICA DE POLYA

---

*«... una buena parte de la confianza en los razonamientos demostrativos puede proceder del razonamiento plausible».*

*Polya.*

Aunque Einstein no ha expuesto en una forma sistemática su filosofía de la ciencia parece claro que es encuadrable dentro del espíritu del realismo-racionalista científico. Sus importantes contribuciones en el campo de la física teórica, su intento unificador de espacio y materia y sus incursiones en el campo de la metodología científica lo convierten necesariamente en un apetecible objeto de análisis.

En este apartado no trataremos de un análisis filosófico de las contribuciones científicas de Einstein sino que trataremos de mostrar la propia concepción que este poseía de la ciencia y cuales eran para él los presupuestos metodológicos fundamentales que debían regir la investigación científica. Es por otra parte plausible pensar que el estudio de las opiniones de Einstein sobre teoría del conocimiento deben proporcionarnos en alguna medida una idea acerca de la forma en que Einstein interpretó sus propias teorías. El realista admite la posibilidad de un

conocimiento objetivo del mundo físico y en este sentido la inteligibilidad del mismo. El realista científico (18) considera la ciencia como la más legítima esperanza del ser humano de comprender la estructura del mundo externo, ciencia que se desarrolla con la creación de teorías y la postulación de términos teóricos de los que esperamos el mayor grado de correspondencia posible con los elementos objetivos del mundo real.

Por otra parte hemos visto que el carácter objetivo de nuestro conocimiento reposa sobre nuestros propios esquemas de racionalidad alcanzando el mismo grado de objetividad que nuestras formas comunes de observación directa inteligible, en el momento en que el rango de lo indudable, lo incontrovertible en el uso real de nuestras teorías, no entre en conflicto con el conjunto de las proporciones incontrovertibles que forjan nuestras formas comunes de referirnos y sentir inteligiblemente el mundo externo.

Hemos observado por otra parte que el racionalismo cartesiano localizaba como forma concreta de racionalidad la derivada de las propias matemáticas, sólo son utilizadas como indubitables las proporciones claras y distintas y estas son para él, el cuerpo general de las matemáticas.

Es posible, al menos a raíz de la década de los años 30, encuadrar a Einstein en una postura claramente paralela a la cartesiana, aunque no sin severas modificaciones de la misma; así leemos en una carta que Einstein escribe a Lanzcos en 1938 «... lo lógicamente simple no tiene que ser físicamente verdadero, pero lo físicamente verdadero es lógicamente simple». Lo matemático constituye para Einstein un eje fundamental de la racionalidad científica, no obstante su concepción de lo matemático no es cartesiana sino como intentaremos mostrar a lo largo de este apartado está en la línea descrita por el espíritu intuicionista de la heurística presentada por Polya (19), este es un aspecto característico del pensamiento einsteniano que lo convierte en un pensador ciertamente original en el marco de la filosofía de la ciencia.

En las primeras páginas de sus notas autobiográficas (20) Einstein nos presenta ya algunos de los elementos básicos de su teoría del conocimiento. En primer lugar considera que el pensamiento es caracterizado fundamentalmente por el juego con conceptos; de estos dice que no es necesario que estén conectados con objeto lingüístico alguno, no obstante cuando lo son, el pensamiento llega a ser comunicable.

Esta aceptación de formas de pensamiento inconscientes o al menos no lingüísticas es un elemento básico de la teoría einsteniana del conocimiento, «para mí, dice, no es dudoso que nuestro pensamiento se desarrolla la mayor parte de las veces sin uso de signos (palabras) y

(18) Bunge, M. *Philosophy of Physics*. Reidel. Dordrecht Holland. Boston USA 1973.

(19) Polya, *Matemáticas y razonamiento plausible*. Tecnos Ed. Inglesa en Princeton University Press.

(20) Einstein, A. «Autobiography» in Schilpp. *Albert Einstein Philosopher-Scientist*.

(16) Ver (15) pág. 90-97, y los Principes II: 23.

(17) Ver R.C. Tolman *Relativity Thermodynamics and Cosmology* Clarendon Press Oxford, 1934. J.L. Synge. *Relativity: The General Theory* North Holland, 1960.



que es en un grado considerable inconsciente», Einstein llega a esta postura preguntándose «¿cómo es entonces sino posible que nosotros nos sorprendamos (Wonder) de manera completamente espontánea frente a alguna experiencia?». Esta diferenciación entre pensamiento conceptual lingüístico y pensamiento no consciente es análoga a la línea divisoria entre deducción e intuición y puede considerarse en cierto sentido paralela a la separación kuhniana entre ciencia normal y revolución científica. El libre juego de la mente nos proporciona situaciones de sorpresa, nos permite captar formas nunca vistas que se hallan ocultas en la misma manera que se encuentra oculta la solución de un «puzzle» de palabras cruzadas. Para Einstein la génesis de los conceptos es un libre juego de la mente enfrentada al mundo real de la experiencia, este juego se desarrolla inconscientemente o al menos en formas intuitivas y no deductivas, estos conceptos luego permitirían en un sentido kantiano ordenar las impresiones sensoriales permitiéndonos poseer una forma inteligible de experiencia. Vemos pues que para Einstein el proceso científico en su aspecto creativo o revolucionario se desarrolla sobre las bases de la intuición.

Por otra parte Einstein afirma en sucesivas ocasiones que la actividad científica teórica «debe ser guiada por las propias matemáticas». En este sentido el juego conceptual que se desarrolla en la actividad teórica está dominado para Einstein por la matemática, pero esta es entendida como la base sobre la que se desarrollan las soluciones creativas de los «puzzles» de palabras cruzadas. La fuerza de las matemáticas en su componente metodológico es su propia heurística, sus formas interiorizadas de razonamientos plausibles, análogos etc. Por otra parte su valor «metafísico» en el sentido de reflejar nuestras formas de racionalidad científica deben quedar sintetizados en la afirmación de Polya que encabeza este apartado, a saber la «confianza» en los razonamientos matemáticos puede proceder de los razonamientos plausibles.

Es en este sentido que entendemos el fuerte viraje de Einstein frente al racionalismo cartesiano.

Por su parte Einstein comparte la reducción humeana de percepción a conjuntos de impresiones sensoriales y acepta la postura kantiana de suponer nuestros cuadros conceptuales como ordenadores de éstos, dándonos una forma de experiencia inteligible.

Con estas libres construcciones conceptuales logramos aprehender parte de la realidad objetiva. No obstante, deberemos preguntarnos en qué forma tal hecho se produce. Aquí es claro que nos vemos obligados a considerar el carácter de «modelos» que tengan las teorías científicas, es decir el problema de la «correspondencia» entre nuestros cuerpos conceptuales y la realidad observada. De lo dicho anteriormente sobre la concepción de Einstein de las matemáticas parece que deberíamos pensar los modelos en el espíritu de Black (20) como análogos a las metáforas: «las implicaciones, sugerencias soportadas por las expresiones metafísicas nos capacitan a ver nuevos aspectos en una nueva forma... parte de esto puede ser dicho del papel de los modelos en la investigación científica». No obstante esta consideración del papel heurístico de los modelos como su aspecto fundamental no es compatible como una postura de realismo científico. Para este un modelo es al mismo tiempo una hipótesis ontológica. De esta forma coincidiremos con Sellars (21) aceptando que si nosotros consideramos una teoría como «buena» deberemos estar preparados a aceptar su ontología, es decir, los casos y procesos a los que se refiere, en este sentido las reglas de correspondencia proporcionan el marco ontológico de los fenómenos observados.

En este sentido Einstein es un realista científico y él mismo expone una forma de regla de correspondencia en el espíritu de representación ontológica, en su ensayo con B. Podolsky y N. Rosen «Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be considered complete?» (22) cuando define elemento de realidad física. Efectivamente los conceptos son entendidos a corresponder con la realidad objetiva, su criterio de correspondencia es «If, without in any way disturbing a system, we can predict with certainty the value of a Physical quantity, then there exist an element of physical reality corresponding to the physical quantity». Una «buena» teoría debe encontrar correspondencias de realidad física de todos sus conceptos básicos comprometiéndose posteriormente con su ontología.

A lo largo de esta exposición y tanto al referirnos a Sellars como Einstein hemos hablado de «buenas» teorías y por esto deberemos necesariamente entender su acomodación a los criterios de racionalidad compartidos por la comunidad científica. Sobre estos criterios reposa igualmente nuestro concepto de objetividad y deberemos analizar en que forma Einstein se enfrenta a dicho problema.

Habíamos concluido que alcanzamos el mismo grado de objetividad que en nuestras formas comunes de observación directa, en el momento en que el rango de lo in-

(21) Black, M. Models and Metaphors. Cornell University Press. (Traducción española de Víctor Sánchez Zavala. Tecnos 1966).

(22) Science Perception and Reality. Humanities Press New York 1963. Traducción española Tecnos 71 de V. Sánchez Zavala. Ver 123-126 y también 118 de la edición inglesa.



controvertible en el uso real de nuestras teorías no entre en conflicto con el conjunto de las proposiciones incontrovertibles que forjan nuestras formas comunes de referirnos y sentir inteligiblemente el mundo externo.

Por otra parte la aportación al concepto de objetividad de Einstein es importante ya que su principio de relatividad actúa como criterio de objetividad.

Si recordamos éste, observaremos en que forma Einstein comparte en algún modo el criterio anterior. Las exposiciones filosóficas ordinarias del principio de relatividad acentúan, creo que indebidamente, las tintas, sobre una supuesta postura verificacionista de Einstein, considerando que su crítica del concepto de simultaneidad newtoniano estaba basado en una forma de aplicación del principio verificacionista del significado. No obstante la crítica de Einstein al concepto de simultaneidad le obliga a construir una teoría fundamentada igualmente sobre un concepto ideal como es el de cuerpo rígido. Su elección entre simultaneidad ideal y rigidez ideal en la que difieren los principios de relatividad galileanas y einstenianas puede entenderse por la concepción de Einstein de que la ciencia es un refinamiento del pensamiento de la vida diaria (23). El concepto de objeto rígido está directamente ligado a nuestras formas de referirnos y percibir el mundo, y en este sentido Einstein siguiendo el espíritu de Ciencia y Hipótesis (24) de H. Poincaré considera el propio espacio como el conjunto de prolongaciones posibles de un cuerpo rígido. En su primera lección dada en 1921 en la Universidad de Princeton (25) Einstein dice: «Nosotros estamos acostumbrados a considerar como reales aquellas percepciones sensoriales las cuales son comunes a diferentes individuos... La concepción de cuerpos físicos en particular de cuerpos rígidos es un complejo relativamente constante de tales percepciones sensoriales». Por otra parte la física prerrelativista ya había reconocido que las leyes de configuración de cuerpos rígidos eran consistentes con la geometría euclídea que fijaba las propiedades del espacio clásico. De esta forma la geometría aparece después de esta breve reflexión, como el marco legal de comportamiento de los elementos básicos sobre los que aprendemos el concepto de objetividad. Los primeros comportamientos elementales del mundo material objetivo son expresables en el marco de la pura geometría; no obstante, la esperada identificación, desde Descartes, de física y geometría está aún muy lejana.

Recordando de nuevo el concepto de espacio «chora» de Platón en el *Timeo*, observamos que un primer paso en la geometrización es dado haciendo que el espacio tenga un papel activo en la génesis del mundo físico, papel activo muy distinto del de un receptáculo vacío newtoniano que sirva para la ordenación y localización de la materia. Este papel como señala Graves (26) y Collingwood (27) lo coloca en un plano físicamente mate-

rial. Sobre este primer escalón podemos localizar la pregunta, inspirada por los trabajos de E. Mach (28), que se hace Einstein en su tercera lectura del año 1921 (29) dice: «es contrario al modo de pensar en la ciencia imaginar una cosa la cual puede actuar, pero sobre la cual no es posible actuar», refiriéndose al espacio-tiempo. Esta postura la encontramos íntimamente ligada a la concepción, ya clásica en esos momentos de la física teórica, de partícula y campo. Efectivamente las cargas que crean campo son idénticas a las cargas «test» con que medimos su intensidad. Este resultado experimental tiene una contrapartida «análoga» misteriosa hasta 1915 en la igualdad entre masa inercial y masa gravitatoria. Este es el punto de partida de una nueva teoría de la gravitación que surge con el principio de equivalencia de Einstein. Hasta aquí la mitad del avance teórico; éste deberá ser complementado con el principio de covarianza general. (En este punto hemos de decir que es tradicionalmente confundido este principio de covarianza general con una forma matematizada de principio de equivalencia; en este sentido es conveniente leer Schild (31).

El principio de equivalencia obliga a tomar en consideración sistemas de referencia no inerciales y en este sentido cambios generales de coordenadas. De esta forma las leyes de la física, del mundo objetivo deben ser independientes del sistema de coordenadas utilizado. Los cuerpos rígidos eran objetivos frente a los cambios de punto de vista que se producen en nuestra vida cotidiana, en el espíritu del programa de Erlangen apadrinado por F. Klein. Este conjunto de transformaciones definían ya una geometría euclídea. Ahora la materialización del espacio exige un grupo más general de transformaciones como definitivas de lo objetivo y en consecuencia una geometría más amplia. La forma matemática en que las leyes de la física deberán ser expuestas es tensorialmente, los avances de Riemann y Levi-Civita han suministrado ya los dos tensores básicos  $R_{ikmn}$  y  $R_{ik}$  los cuales se refieren directamente a propiedades geométricas. El concepto de «extensión» cartesiano eje de su objetividad, alcanzada sobre su razonar claro y distinto, adquiere su forma definitiva en la propia concepción Riemanniana de espacio.

No podemos sin embargo terminar esta somera presentación de la geometrización einsteniana sin recordar la profecía del genial cartesiano Clifford quien en 1870 escribió (30): «... la variación de la curvatura del espacio es lo que realmente ocurre en el fenómeno que llamamos movimiento de la materia bien sea ponderable o etérea. En el mundo físico nada tiene lugar sino esta variación sujeta (posiblemente) a las leyes de la continuidad»; en este sentido podemos recordar los propios intentos de Russell en aplicar la ecuación de la continuidad de hidrodinámica al «plenum» espacial cartesiano.

(23) Einstein, A. B. Podolsky and N. Rosen. *Ph. Rev.* Vol. 47 pág. 777.

(24) Einstein, A. «The Meaning of Relativity» Princeton University Press Ver 1ª Lección.

(25) Poincaré, H. *La Science et L'Hypothese*. Gallimard. París.

(26) Graves, J.C. Referencia citada (15).

(27) Robin, G. Collingwood. *The Idea of Nature*. Oxford University Press London, 1945.

(28) Mach, E. *The Science of Mechanics*, Open Court. La Salle 1960.

(29) Ver (23) tercera lectura.

(30) W.K. Clifford. *Mathematical Papers of William Kingdon Clifford*. Macmillan London (1882). William Kingdon Clifford. «On The Space Theory of Matter» *Proc. Cambridge Phil. Soc.* Vol. 2 (1876) pp 157.

(31) Schild, A. «The Principle of Equivalence» *The Monist*. Vol 47 N° 1 (1962) págs. 20-39.