

PROBLEMAS EPISTEMOLÓGICOS EN TORNO A LA FÍSICA CUÁNTICA

Ana Cecilia Vallejo Clavijo¹

Resumen

El presente artículo pretende realizar una breve introducción acerca de los principales cambios conceptuales que ha introducido la física cuántica con respecto a la física clásica, dado que esta última presenta una incapacidad para dar respuesta a ciertos problemas que tienen que ver por ejemplo con la descripción acertada del comportamiento de un electrón, dando lugar a que se adopten teorías de la incertidumbre, indeterministas y constructivistas. Este hecho conlleva igualmente generar nuevas posturas epistemológicas y nuevos problemas que tienen que ver con el papel del sujeto en la comprensión del objeto, lo que se entiende como real en términos ontológicos, la posibilidad del mismo conocimiento, su validez y objetividad.

Palabras clave

Determinismo, objetividad, incertidumbre, constructivismo, complejidad.

Abstract

The present article tries to carry out a brief introduction about the principal conceptual changes that the quantum physics have brought in regards to the classical physics. The later, presents an inability to give answer to certain problems that have to do with the relevant description to the behavior of an electron bearing to take theories of the uncertainty, indeterminate and constructivists. This happenings, leads, in the same way, to create new epistemological views and new problems which have to do with the role of the subject in the comprehension of the object, what is understood as real in ontological terms, the possibility of the same knowledge, its validity and objectivity.

Key words

Determinism, Objectivity, Uncertainty, Constructivism, Complexity.

¹ Docente del Departamento de Humanidades de la USTA. Estudios de doctorado en filosofía y letras de la Universidad Javeriana. Maestría en docencia universitaria y Licenciatura en filosofía y humanismo de la USTA. Es integrante del grupo de investigación Ciencia – Espiritualidad, registrado en Colciencias (2005). Correo electrónico: anacelv@hotmail.com.

La conquista del pensamiento humano durante la modernidad manifestada en la construcción de una sólida física basada en las leyes de la mecánica de Galileo y Newton empieza a destronarse a comienzos del siglo XX; sobre ésta se erige una nueva física, ciencia aún no acabada y con muchos interrogantes por resolver. Esta nueva visión emergente que irrumpe tanto en el panorama de la epistemología como en la ciencia va acompañada de importantes descubrimientos, como los rayos x, la radiactividad, la fusión nuclear, la estructura de los cristales, la teoría cuántica de Planck, Schrödinger y Heisenberg, entre otros, incluyendo por supuesto la teoría de la relatividad de Einstein.

Por otro lado, algunos de los principios dados por ciertos físicos en el siglo XIX, como el mecanicismo, el continuismo, la indivisibilidad del átomo, la irreductibilidad de la materia y la energía, la existencia del éter como medio de transmisor de la energía radiante, van a ser demolidos en el siglo XX tanto por la reflexión teórica como por la comprobación experimental.

Visiones deterministas, tanto desde el punto de vista de la epistemología, como desde la física clásica, serán cuestionados por Heisenberg con el fin de demostrar desde la física la imposibilidad de medir de forma precisa y simultánea la posición y la cantidad de movimiento de las partículas subatómicas. Tal indeterminación se atribuyó, en parte, tanto a las dificultades técnicas que conlleva tratar de realizar una medición a niveles subatómicos, como al hecho de que cuando se proyecta la luz en una partícula subatómica su curso puede quedar modificado por el impacto de la luz o del fotón. Admitido este principio de indeterminación como cierto, en adelante la posición epistemológica del físico cambiará, ya no podrá decir: tal electrón está aquí, sino que la zona del átomo en que con mayor posibilidad puede encontrarse el electrón es ésta.

Ahondando en este problema trataremos de demostrar cómo el surgimiento de la nueva física generó tanto

una crisis de principios en la ciencia como en las posturas epistemológicas que la fundamentaban. El surgimiento de esta

nueva visión llevó a la configuración de una nueva dimensión y al descubrimiento de la complejidad de la estructura física de la naturaleza, mostrando la dificultad en el intento de elaborar "concepciones del mundo" certeras, absolutas, demostradas racionalmente y de forma objetiva.

La teoría de la física cuántica originada desde mediados del siglo XX presenta una gran paradoja; a pesar de ser una de las teorías más exitosas en la medida en que predice resultados experimentales con bastante precisión, a la vez presenta una gran incapacidad para responder el por qué de dichos resultados y predicciones. De esta forma, se instala un impedimento para dar afirmaciones que tengan el carácter de certeza absoluta y la única tarea "segura" consistirá entonces en predecir resultados mediante ecuaciones probabilísticas. Einstein, mostrándose algo pesimista frente a este problema, nos sugiere contentarnos con una imagen incompleta del universo físico en la ciencia, asumiendo que: "No es debido a la naturaleza del universo sino más bien a nosotros mismos"².

Como se explicaba anteriormente, en el siglo XIX la física podía explicar los fenómenos observables y cotidianos a partir de los planteamientos de Newton y Galileo, pero más adelante, con los descubrimientos de Maxwell se empieza a entender otros fenómenos, como la descripción de la inducción electromagnética y la refracción óptica a partir de su teoría de campo. Según Einstein, las ecuaciones de Maxwell constituyeron un gran avance en la física dado que ellas generaban un nuevo horizonte de estudio: la estructura del campo electromagnético; extendiéndose su validez a todo el espacio. A partir de ese momento el concepto de campo fue esencial para entender la descripción de las cargas y para comprender su acción.

² Einstein, Albert. Hacia donde va la física. Prólogo escrito por Max Planck. Losada, 1994, p.12.

Con el estudio cuidadoso y matemático de las ecuaciones de Maxwell fue posible plantear conclusiones nuevas y realmente inesperadas. Estas teorías, según Einstein, tuvieron un carácter cuantitativo, llegando a ellas a partir de encadenamientos lógicos y siendo sometidas a pruebas decisivas, por ello: "Hoy el campo electromagnético es para el físico moderno tan real como la silla sobre la cual se sienta"³.

A partir de este concepto introducido por Maxwell, el estudio de la física cuántica empieza a tener presencia, determinándose que en el campo de lo subatómico funcionan otro tipo de leyes diferentes que no coinciden con las leyes deterministas de la física clásica. Esta ausencia de determinismo Russell la atribuye a un factor humano, afirmando que: "Hay razones para creer que la ausencia de determinismo, no obedece a un posible carácter de incompleto de la teoría, sino que es una característica del conocimiento humano"⁴. Estas afirmaciones de físicos y filósofos llevan a entender que el problema de la física cuántica ya no se refiere a la naturaleza del objeto mismo sino a la presencia de la mente humana o la conciencia y su implicación en el objeto de estudio. Es interesante resaltar, además, que los cambios que plantea la física configuran las llamadas crisis de principios que dan origen a nuevas cosmologías y que vienen a representar revoluciones culturales.

Se empieza a advertir, por otro lado, con Schrödinger por ejemplo, que la dificultad para concebir un conocimiento certero y totalmente objetivo presenta un gran obstáculo, dado que formamos parte de la naturaleza, pero a la vez aprendemos de ella de forma objetiva. Desde esta perspectiva el concepto de realidad objetiva se evapora tanto que ya no representa el comportamiento de las partículas elementales sino nuestro conocimiento de este comportamiento. A lo anterior se añade que existe una gran dificultad para elaborar un

cuadro imaginario del electrón, dado que sólo da prueba de su existencia cuando emite energía, y sus cambios de niveles, manifestándose de forma elusiva. Para Schrödinger: "La naturaleza se comporta de manera distinta a como la vemos o la palpamos cotidianamente, por ello un modelo satisfactorio es prácticamente imposible"⁵. En este sentido, el debate que establecen Einstein, Heisenberg y Bohr actualiza el problema del determinismo vs. indeterminismo, planteando problemas de orden ontológico.

El problema de la incertidumbre en el conocimiento aludido anteriormente por Heisenberg expresa por otra parte la relación entre teoría y realidad sensible y su ajuste, es así que en el proceso del desarrollo de conceptos científicos se presentan idealizaciones que se han derivado de las experiencias, siendo realizados con la ayuda de instrumentos más perfeccionados, a su vez estas idealizaciones definidas con precisión han sido expresadas por medio de axiomas. Ocurre, entonces, que sobre estas precisas definiciones pueden enlazarse los conceptos en un esquema matemático; en este proceso de idealización se empieza a perder contacto con la realidad, de forma que y siguiendo a Heisenberg: "Los conceptos siguen ajustándose no muy bien a aquella realidad parcial que ha construido el objeto de investigación"⁶.

Habiendo planteado algunos problemas generales sobre la objetividad y certeza del conocimiento en la física cuántica, conviene ahora profundizar la ruptura de ciertos principios acaecidos en el siglo XX, principios que tienen que ver con algunas nociones tratadas tanto por la epistemología como por la física. Ellas serían: materia-ser, continuidad-discontinuidad, no localidad, simultaneidad, continuidad-no causalidad, y relación sujeto-objeto.

³ Einstein, Albert. *La aventura de la física*. Buenos Aires: Losada. 1989, p.11.

⁴ Russell, Bertrand. *El conocimiento humano*. Barcelona: Orbis. 1983, p. 37.

⁵ Schrödinger, Erwin. *Ciencia y humanismo*. Barcelona: Tusquets, 1985, p. 28.

⁶ Heisenberg, Werner. "El papel de la física moderna". *Revista Universitas*, V.I. 1963, p. 131.

Dichos problemas muestran el inalcanzable esfuerzo del hombre por llegar a una meta en el plano del conocimiento; para Planck, esta meta: "Nunca ha sido alcanzada y en ese sentido se convierte en algo metafísico y como tal siempre se halla más allá de nuestras conquistas"⁷.

1. Materia-ser

Tradicionalmente la materia fue considerada como un fenómeno observable fuente de información a través de los sentidos, recuérdese por ejemplo los planteamientos empiristas en donde el sujeto recibe información desde el exterior a partir de impresiones, siendo éstas transformadas en ideas a partir de un proceso cognitivo interno de asociación (leyes de asociación: contigüidad, contraste y causa efecto).

Desde la física cuántica, por el contrario, las partículas que componen la materia no son autónomas, son inmateriales, ni son contenidas en su mismidad. Según Schrödinger: "Es la forma o hechura (en Alemán Gestalt) lo que determina su identidad, que sin lugar a dudas no es su contenido material, la antigua idea de la identidad de la materia "es una coletilla casi mística"⁸, desde este punto de vista el concepto de identidad carece de sentido; de la misma forma el viejo concepto de masa es reemplazado por el de energía, que viene a ser un estado de la materia ya se trate de energía cinética o potencial.

De acuerdo con lo anterior, podríamos establecer entonces que a nivel cuántico la materia no existe con certeza ontológica, sino más bien presenta "tendencias a existir", en el sentido de que estas partículas no son puntos materiales clásicos de localización precisa, sino paquetes de ondas (probabilísticas), es decir, una superposición de movimientos (potenciales) en todas direcciones. Este aspecto se explicará más adelante, cuando se trate el problema del sujeto- objeto de conocimiento.

A lo largo de la historia de la física y desde el punto de vista epistemológico se han dado innumerables formas de problematizar lo que se entiende por real y su posible demarcación de lo irreal, de ahí la necesidad teórica de conjeturar a qué fenómenos debe atribuirse la categoría de existente, por ello, durante el presente siglo los físicos cuánticos se cuestionan o se abstienen de pronunciarse sobre lo que exactamente significaría atribuir modos de existir o darle un carácter ontológico a lo que acaece en el mundo de las partículas elementales.

Es así que algunos físicos cuánticos, como por ejemplo Heisenberg en su libro Física y Filosofía, expone cómo en la física cuántica se ha sustituido el "materialismo ontológico" de la física clásica por un cambio en el concepto de la realidad; esta nueva visión no constituye una continuación con el pasado, al contrario, es una ruptura con él (hecho que nos recuerda los planteamientos de Kuhn acerca de la incomensurabilidad de los paradigmas).

2. Continuidad discontinuidad, simultaneidad, no localidad

En la física clásica está presente el principio de continuidad de movimiento, así, por ejemplo, éste es descrito como el desplazamiento continuo de un punto A a un punto B, (Recuérdense los planteamientos de Galileo en su péndulo), proceso que va a ser explicado teniendo en cuenta el tiempo y el impulso inicial o fuerza inicial newtoniana. Este movimiento continuo contemplado en la física clásica, fue definido de la siguiente forma: antes de poder predecir la trayectoria de un proyectil disparado por un cañón, hay que conocer la velocidad al salir del cañón y la orientación de éste, una vez conocidas las condiciones originales, en este caso las leyes clásicas permitirán seguir la evolución del proceso, o en palabras de Einstein: "Es posible predecir la

⁷ Planck, Max. Hacia donde va la física. Buenos Aires: Losada. 1994, p. 88.

⁸ Schrödinger, Edwin. Ciencia y humanismo. Barcelona: Tusquets. 1985, p. 32.

trayectoria futura de un cuerpo en movimiento y determinar su pasado si se conoce su estado presente y las fuerzas que actúan sobre él”⁹.

Desde esta perspectiva, la física newtoniana imaginaba el universo como un mecanismo gigante, un gran armazón mecánico, cuyo resorte eran las leyes, y conociendo dichas leyes se podría predecir y determinar con infalibilidad objetiva su comportamiento; algo diferente ocurre en la física cuántica, ya que esta es una física de “brincos” donde, según Planck, “la energía es radiada a partir de paquetes o ‘cuantos’”.

En el recorrido de estos estados de energía, los electrones pueden hacer su transición de un estado de energía menor a uno mayor o viceversa; de forma que no se presenta una continuidad lógica de sucesos; en un átomo perturbado las posibilidades pueden variar simultáneamente y en toda dirección. Zohar nos muestra cómo cuando un electrón en su forma de núcleo de probabilidad: “Pretende moverse de una órbita a otra se comporta al principio como si salpicara una gran región del espacio desplegando omnipresencia en muchas órbitas”¹⁰. Este proceso puede traducirse de la misma forma como si nosotros aplicáramos de forma simultánea la misma idea en diferentes lugares para conocer las consecuencias. En esta nueva física la tendencia del electrón es a presentarse de forma simultánea y en todas direcciones, dentro de esta lógica no cabría concebir la separación temporal para poder hablar de causa y efecto.

3. Continuidad no causalidad

Muy unido con lo anterior y recordando que la tendencia del electrón es a presentarse en su órbita de forma simultánea, se deduce que no existen causales lineales. De esta forma, si se presenta un electrón en uno y en tal lugar, debe ser mirado en principio como un suceso

aislado. Frente al problema de la causalidad, Schrödinger plantea: “Si aquí y ahora observo una partícula y un momento después otra en un lugar cercano a la primera, no sólo no puedo estar seguro de que sea la misma sino que no tendría sentido afirmarlo”¹¹.

Los físicos clásicos postulaban estas descripciones que tomaban el nombre de “causalidad cerrada”, que según Schrödinger en términos sencillos pero no muy precisos se enuncia de la siguiente forma: Lo que sucede en cualquier parte en un momento depende estrictamente de lo que sucede en la inmediata vecindad en un instante antes; para los físicos clásicos este principio vino a constituirse como absoluto, siendo el sistema de ecuaciones el instrumento matemático para llevarlo a cabo en la práctica. En el caso de la física cuántica las ecuaciones no son lineales, ello significa que cuando descubrimos el efecto de una causa y luego el de la otra causa, no podemos hallar el efecto conjunto sumando los dos efectos separados.

Relación sujeto-objeto

En el proceso cognitivo de relación sujeto-objeto se presenta un interesante planteamiento que podríamos relacionar con la posición epistemológica del constructivismo. Con Vico, Kant y la fenomenología se empezó a postular el papel constructivo de la experiencia y de la conciencia en la captación de la realidad. Posteriormente, hacia la década de 1980, se va configurando como una opción epistemológica, en donde se afirma que los seres humanos crean activamente las realidades a las que responden. En los planteamientos constructivistas se presta una enorme atención al papel activo de la mente a la hora de organizar y crear significado, como también en la comprensión de la realidad. La física, por su parte, toma también esta posición constructivista desafiando las posturas de realismo presentes en la física clásica y donde se asume una verdad

⁹ Einstein, Albet. La evolución de la física. Bara: Salvat. 1989, p. 149.

¹⁰ Zohar, Danna. El yo cuántico. México: Diana. 1980, p. 31.

¹¹ Schrödinger, Werner. Ciencia y humanismo. Barcelona: Tusquets. 1985, p. 32.

exterior cognoscible y objetiva independiente con respecto al observador.

Podemos asumir además, desde esta perspectiva, que la prefiguración, lo imaginario o presupuesto de lo que consideramos como real, está condicionado por el referente histórico, cultural, religioso, etc., que es en últimas el que configura lo que juzgamos como real. En este sentido, desde diversos períodos históricos cambiantes ontologías establecen estudios epistemológicos.

De la misma forma, para algunos físicos cuánticos, en el mero acto de observación se presenta una interferencia o transformación en la naturaleza misma, es decir, la forma particular con que miremos la realidad contiene muchas posibilidades. Es así que para Schrödinger en el acto de la observación se da una impresión inevitable e incontrolable del sujeto sobre el objeto dado: "El mundo me viene de una vez, no hay el mundo que existe y el que es percibido. El sujeto y el objeto son solamente uno: no existen barreras entre ambos"¹².

Para ilustrar lo anterior nos valdremos del experimento del gato de Schrödinger traído por Zohar: en este experimento, un gato es colocado en una jaula de laboratorio con paredes sólidas. En la jaula se coloca un pedazo de material radioactivo que tiene un 50% de oportunidades de disparar una partícula radioactiva hacia arriba, y un 50% de disparar hacia abajo. Si la partícula radioactiva sale hacia arriba, golpea un detector de partículas que a su vez hace funcionar un interruptor y desprende veneno mortal que el gato puede ingerir muriendo. Por el contrario, si la partícula sale hacia abajo, se enciende el interruptor que suelta alimento y el gato vive para otro experimento. La elección arriba muere abajo vive se presenta en el mundo cotidiano, pero en la teoría cuántica no ocurre igual, dado que puede estar tanto vivo como muerto. En otras palabras, existe en un estado sobrepuesto de ambas condiciones o posibilidades a la vez, de la misma forma en que se dice que los electrones son tanto ondas como partículas al mismo tiempo.

En este experimento, la aplicación de la función de onda cuántica nos puede dar a conocer todas las posibilidades, expresando tanto que el gato ha comido el veneno como primera posibilidad, como que ha disfrutado de un alimento como segunda posibilidad. Sólo en la medida en que las posibilidades se desploman o amalgaman en una realidad concreta, es cuando tenemos un gato vivo o muerto. Este colapso debe darse cuando abrimos la jaula y miramos el gato, al hacerlo, sabemos si definitivamente está vivo o muerto. Para la física cuántica por el contrario, el gato está y debe permanecer tanto vivo como muerto, presentándose una paradoja que desafía el sentido común.

La realidad ocurre cuando la miramos

Desde el punto de vista epistemológico, y basándonos en el experimento descrito, podríamos concluir que en el proceso cognitivo se da una relación entre nosotros (la conciencia) y la realidad física; en nuestro caso concreto podemos interpretar que el observador mismo fue el que mató el gato, este acto de observación y de definición vivo o muerto hace pedazos la función de onda cuántica.

Pasemos ahora a un ejemplo de la física acudiendo a John Wheller.

Si a un fotón se le ofrece la posibilidad de viajar a través de cualquiera o de ambas ranuras en una pantalla (por ser parte de la mecánica cuántica posee la opción de hacer ambas cosas), el experimento del físico tendrá el siguiente resultado: si coloca dos detectores de partículas a la derecha de la ranuras se encontrará que el fotón se comporta como una partícula sencilla; pero en cambio, si se le coloca una pantalla entre las ranuras y los detectores de partículas, el fotón se comporta como una onda, viaja a través de ambas hendiduras, interfiere consigo mismo y deja un patrón de interferencia sobre la pantalla detectora. A partir del anterior experimento, se empieza a interpretar que se ha dado un "diálogo

¹² Schrödinger, Werner. Cuestiones cuánticas. Ed. Contemporánea. V. 2, 1958, p. 124.

creativo” entre el físico y el fotón, el acto de medición desempeña cierto papel en decidir lo que es medido.

Esta doble manifestación de la partícula subatómica en onda-partícula, desconcertó a los físicos inicialmente, pero en 1927, cuando Neils Bohr formuló su famoso principio de complementariedad, en el que expresa que en realidad no se trata de contradicciones, sino más bien de concepciones complementarias, cada una de ellas son formas en que la materia se manifiesta, ningún estado es completo por sí sólo y ambos son necesarios para tener una explicación sobre la realidad. Igualmente nos viene a plantear que el comportamiento corpuscular y ondulatorio no son propiedades de la luz sino que son representaciones complementarias que dependen de la interacción del investigador y su instrumento de investigación.

Al descrito principio de complementariedad se le agrega por otra parte la teoría de la “doble solución”, planteada por Broglie, en la que se llega a admitir que: “Todo corpúsculo constituye un espacio de simultaneidad en el seno de una onda a la cual se haya incorporado y que genera su movimiento por cuanto es solidario a la onda”¹³. Si bien, aunque esta imagen onda-partícula se representa de forma exacta, sin embargo era incompleta dado que dejaba escapar lo individual describiendo sólo los promedios, de aquí que para Broglie era necesario que se considerara e incluyera una singularidad que representaba: “La unión verdadera de la onda y el corpúsculo en la realidad física profunda. De ahí el nombre de la doble solución”¹⁴.

Finalmente, nos queda por preguntar frente a estos problemas planteados el papel que juega la estructura matemática y la experiencia en el proceso de elaboración del conocimiento, al igual que el significado del producto científico como construcción humana.

Tratando de dar respuesta a esta cuestión y siguiendo a Blanche, es bueno recordar cómo inicialmente el átomo representaba el límite de la pequeñez, siendo posteriormente descompuesto en un núcleo envuelto por electrones periféricos, quedando reducido a un punto. Por otra parte, del estudio de la física atómica se desciende a la física nuclear, del orden del micrón y del milicrón se desciende al del angstrom y al fermi. En este proceso de investigación es interesante ver cómo también este análisis es realizado en sentido inverso: del sistema solar se asciende a las galaxias y después de la cosmología contemporánea: al universo metagaláctico.

Esta especialización del conocimiento va acompañada lógicamente por un avance tecnológico en el que se da una sustitución de los instrumentos ópticos por los radioelectrónicos, de ahí que, como bien lo expresaba Kuhn, a cada importante revolucionario corresponde un cambio tecnológico, y en el caso que describimos, se vio igualmente un cambio de procedimientos por los que se determinaban las longitudes. Desde el punto de vista de Blanche todos los cambios tecnológicos y el estudio de la física a campos que se alejan de la realidad sensible abren paso al desarrollo de una racionalidad matemática, por tal razón: “La extensión de la física a órdenes totalmente desproporcionados a los medios de los órganos sensoriales y a una facultad imaginativa, que se regula por ellos, parece dar la razón a quienes profesan que una sana teoría física es nada más que una arquitectura de relaciones matemáticas”¹⁵.

Desde esta perspectiva, sólo el lenguaje matemático permitiría tener una expresión exacta, en este sentido podríamos establecer alguna similitud con la teoría platónica acerca del conocimiento verdadero y la opinión. Siguiendo a Blanche se establece, entonces, que si el lenguaje usual no conviene, es porque el hombre está muy comprometido con lo concreto y sujeto: “A

¹³ Broglie, Louis. Mi ansiedad frente al problema de la cuanta. Revista eco V. 5, julio de 1962, p. 319.

¹⁴ *Ibid.*, p. 319.

¹⁵ Blanche, Robert. El método experimental y la filosofía de la física. Ed. F.C.E.México.1980, p. 409.

todas las formas de servidumbre de orden biológico y psicológico social, que pueden estorbar la investigación desinteresada de la verdad”¹⁶.

Frente a esta posición cabría preguntarse si es válido aceptar el criterio único de la lógica racionalista en la construcción del conocimiento o de cualquier teoría científica, excluyendo la presencia de otros factores psicológicos, sociales, históricos o políticos que tienen significación en la elaboración de cualquier tipo de conocimiento. Es así que, si ahondamos en los problemas básicos que aparecen en el desarrollo de las filosofías naturales, hay un entrecruzamiento entre líneas de pensamiento y presupuestos de toda índole, ya sean físicos, religiosos, presupuestos que dan lugar a la comprensión de cómo se generan los diferentes campos

de lo real y que está en concordancia con las relaciones internas que allí se dan, la estructura de la vida cotidiana, etc.

En conclusión, podemos establecer que una determinada concepción de lo postulado como real subyace en las orientaciones fundamentales del discurso científico. Igualmente, podría pensarse entonces que las realidades cognoscibles de la naturaleza y del hombre no pueden ser descubiertas por una rama exclusiva de una ciencia particular, dado que ella misma se halla imposibilitada para explicar de forma concluyente y absoluta los problemas que aborda. La creación científica, como cualquier otra creación cultural, es construida y dirigida con significación y sentido humano de forma abierta y trascendente.

¹⁶ *Ibid.*, p. 410.