

Pronósticos Heurísticos Filosóficos para la Física Cuántica

José Ricardo Díaz Caballero

I.S.P.J.A.E. - Cuba

Trabalho recebido em 30 de junho de 1995

El que escribe estas líneas no es físico. Estudié la carrera de Filosofía en la Universidad Estatal de Moscú "M.I. Lomonosov", donde también defendí una tesis de Doctorado en Filosofía de la Ciencia en 1984. Desde entonces he dedicado mis esfuerzos investigativos a la empresa de diseñar y desarrollar una "Heurística Filosófica" para la investigación científica, o lo que es igual, a la formulación y aplicación de un sistema de principios y procedimientos capaz de estimular la creatividad de los investigadores en el curso de su búsqueda científica. Dicho sistema nació a partir de la conversión metodológica de determinados elementos de la Filosofía de la Ciencia integrados al aparato conceptual de la dialéctica. Con los principios y procedimientos de la Heurística Filosófica he incursionado en diversas ramas de las ciencias particulares arribando a ideas y pronósticos especulativos que rompen, en la mayoría de los casos, con los paradigmas dominantes actualmente en esas áreas de la ciencia. Algunas de estas especulaciones parecen a primera vista "extravagantes" e inclusive, "insensatas", no obstante, constituyen el resultado de una muy meditada extrapolación de la dialéctica como método de reflexión. Carecen, como es de suponer, de fundamentación científica especializada, porque no soy un profesional en esas ramas, sin embargo, tengo fé en que en las manos de especialistas capaces pudieran constituirse en una "chispa detonante" para su genio creador. Después de estas necesarias acotaciones paso de inmediato a exponer el contenido que ha motivado la escritura del presente trabajo.

El nacimiento de la mecánica cuántica significó la caída de ideales clásicos y la promoción de nuevos conceptos e ideas portadores de un elevado potencial heurístico para el desarrollo de la ciencia.

Una característica esencial de la teoría cuántica es el denominado *principio o relación de indeterminación de Heisenberg*, el cual evidencia ya, a todas luces, las grandes diferencias existentes entre los microobjetos y los objetos clásicos. El principio de indeterminación es una expresión de la unidad que se establece entre la naturaleza cualitativamente nueva del microobjeto y la *necesidad epistemológica* de emplear, en forma restringida, el lenguaje de la física clásica para describir los resultados relativos a los objetos, fenómenos y procesos del micromundo; resultados estos que se registran en los aparatos (macrocuerpos) utilizados en la experimentación.

Un microobjeto, pongamos por caso el electrón, no es captado de forma directa por los órganos de los sen-

tidos. Para su estudio el científico se ayuda de todo género de equipos y dispositivos macroscópicos los cuales "traducen" por así decir, un microobjeto como el electrón en algo macroscópico, describiéndolo en los términos y leyes de la física clásica. En otras palabras, para la indagación física-cuántica es preciso apoyarse en la física clásica ya que son aparatos macroscópicos, regidos por leyes clásicas, los que registran, en forma de datos experimentales, la información proveniente del micromundo. Asumir este momento gnoseológico del principio de indeterminación parece necesario para comprender la naturaleza objetiva de los microfenómenos a nivel de los cuales acontecen regularidades tan espectaculares como el dualismo ondulatorio-corpúscular de las micropartículas y el carácter estadístico de las leyes^[1] que gobiernan su conducta.

¿Cuál es la verdadera naturaleza de los microfenómenos? ¿cuál es el objeto de estudio de la física

cuántica? Las respuestas a estas interrogantes son variadas. Existen incluso quienes defienden la tesis de que el objeto de estudio de la teoría cuántica no es el mundo real-objetivo sino solo el conjunto de percepciones sensoriales que obtiene el investigador al observar lo que indican los dispositivos y equipos empleados en el experimento. Otros científicos afirman que es factible aludir a la existencia objetiva de los microfenómenos solo en el sentido de que ellos existen en los marcos del experimento. En cuanto al experimento en sí, consideran que las acciones que lleva a cabo el investigador en el curso del mismo son consciente y voluntariosas. De ello infieren que los resultados de todo experimento son subjetivos pues dependen del hombre y sus deseos.

En los marcos de la física clásica los científicos pensaban que las cosas existían fuera e independiente del sujeto cognoscente y eran observadas en los experimentos tal y como ellas se manifestaban en la naturaleza. Esta convicción imperante varió sustancialmente en la medida que los naturalistas fueron haciendo de la *estructura microscópica* de la materia un objeto habitual de la investigación experimental.

Poco a poco comienza a hablarse de otro tipo de existencia solo en los límites del experimento instalándose en la ciencia el denominado *criterio de la existencia empírico-experimental*, según el cual la realidad física de un objeto queda demostrada si se cumple que:

- Es imposible prescindir de ese objeto en la teoría;
- Dicho objeto puede ser reconocido de forma experimental, o sea, es factible aislarlo con un alto grado de precisión de los fenómenos secundarios que pudieran acompañarlo y, a la par con ello, ser sometido a todo un conjunto de operaciones experimentales que permitan conocer acerca de su conducta por las huellas que el mismo deje en otros cuerpos observables directamente, por ejemplo, determinados equipos y aparatos experimentales.

A veces para explicar en qué consiste la existencia experimental suele decirse que el objeto posee una realidad física cuando es *operacionalmente determinable*, esto es, cuando existe un conjunto de operaciones experimentales para identificarlo.

Este criterio de la determinación operacional presente en la física hoy día ha superado las limitaciones

del criterio clásico, en el sentido de que no solo incluye en su radio de acción a los macroobjetos perceptibles de forma directa, sino también al mundo de los microfenómenos, cuya existencia se establece en condiciones experimentales mediante sofisticados y precisos aparatos. Sin embargo, el criterio de la determinación operacional tiene sus fronteras, sus límites de aplicación, pues hace depender la existencia de los objetos físicos de su determinación experimental y, como es sabido, las condiciones del experimento están limitadas por el nivel de conocimientos científico-técnicos y el grado de desarrollo de la técnica experimental alcanzados por el hombre en cada etapa histórica concreta de la práctica social. Resulta claro, entonces, que pueden *existir* objetos los cuales, por una u otra razón, aún no sean objeto del análisis experimental. Por otro lado, no resulta descabellado pensar que el propio criterio de la determinación operacional, más que un límite, represente tan solo un peldaño, un momento en el complejo proceso de desarrollo de nuestras representaciones acerca de los criterios de existencia.

El análisis heurístico filosófico de esta cuestión sugiere la perspectiva de que en el futuro aparezcan nuevos y más abarcadores criterios de existencia capaces, sobre la base de un estadio superior de conocimientos, de negar dialécticamente el criterio de la observación directa y el empírico-experimental. En otras palabras, nuevos criterios perspectivas que permitan establecer, más allá de los estrechos marcos del experimento (en condiciones naturales o no experimentales), la posible existencia de objetos no observables de forma directa y que hoy día solo pueden ser, en el mejor de los casos, operacionalmente determinables. Tal posibilidad está implícita en la peculiar relación que se establece entre el criterio clásico de existencia y el empírico-experimental.

Un momento esencial y defensorio del criterio clásico de existencia es el carácter *extraexperimental* que lleva en sí la observación directa, en condiciones naturales, de los fenómenos. Al criterio de la existencia empírico-experimental lo define, precisamente lo contrario, es decir, su esencia *intraexperimental*.

Las limitaciones del método clásico de observación, para ser empleado en el estudio de fenómenos no perceptibles de forma directa por los órganos de los sentidos, plantean, en buena medida y por necesidad, la

existencia de un método como el experimental apoyado en el uso de dispositivos y aparatos que “traducen” la conducta de este tipo de fenómenos en un lenguaje macroscópico adsequible al hombre. Sin embargo, lo artificioso de algunos de los objetos y procesos investigados en los laboratorios modernos hace pensar ya, hoy día, en la necesidad de alguna forma de observación de los mismos en condiciones naturales o extraexperimentales con el propósito, en primera instancia, de despejar la duda razonable de que tales fenómenos solo sean engendros creados por la actividad del hombre sin posibilidad de existir más allá de las condiciones “sui generis” del laboratorio y, en segundo lugar, para conocer las regularidades objetivas de su conducta en condiciones naturales.

En otro orden de cosas, es factible afirmar también que el criterio clásico de la observación directa niega el carácter *activo* que presupone en el investigador el criterio empírico-experimental basado en la manipulación consciente y activa del fenómeno u objeto analizado. Por su parte, el criterio experimental niega la actitud contemplativa, *pasiva* que requiere del investigador la observación directa de los fenómenos en condiciones naturales, cimiento del criterio clásico de existencia.

La relación de presuposición y negación mutuas que se establece entre los criterios clásico y empírico-experimental de existencia sugiere dos nociones heurísticas de interés para tener una idea de hacia dónde, hacia qué estadios evolucionarán los “criterios de existencia” con el desarrollo ulterior de la ciencia. Esas nociones son:

- la de *lo extraexperimental intraexperimentalizado*;
- la de *lo intraexperimental extraexperimentalizado*.

¿Qué nos sugiere el concepto heurístico de *lo extraexperimental intraexperimentalizado*?

1. La perspectiva de lograr estudiar algún día, en condiciones experimentales, fenómenos, objetos que, debido a su complejidad e a la carencia de los conocimientos y técnicas necesarios, el investigador solo podía limitarse a observar pasivamente;

2. La posibilidad de experimentar, sin alterar las condiciones naturales de su existencia, con objetos, fenómenos solo observables de modo pasivo, pero incluidos en un objeto de experimentación mucho más abarcador en calidad de elemento constitutivo;

3. El hecho probable de experimentar con uno o

varios elementos componentes de un objeto solo observable pasivamente como un todo;

4. La posibilidad de existencia de fenómenos, objetos que sean, en unos aspectos, solo “observables” de forma pasiva y no “experimentables” y, al mismo tiempo, solo “experimentables” y no “observables” en otros aspectos;

5. La existencia de objetos, por cierto bastante habituales, que sean plenamente “observables” y “experimentables”, esto es, objetos, fenómenos a los que pueden ser aplicados indistintamente el criterio clásico o el criterio experimental de existencia;

6. La existencia de objetos solo “observables” en condiciones naturales pero “experimentables” idealmente a través de nociones y modelos teóricos.

Por su parte, el término *lo intraexperimental extraexperimentalizado* parece sugerir:

1. La perspectiva de lograr “observar”, de alguna manera, en condiciones naturales objetos, fenómenos cuya existencia hoy día solo se revela en los marcos de complejos experimentos con el concurso de sofisticados aparatos y tecnologías;

2. El hecho de que objetos, fenómenos engendrados artificialmente en los marcos del experimento adquieran, por sí solos e gracias a la actividad consciente y planificada del hombre, una existencia “natural” observable e independiente del propio hombre que los creó;

3. La posibilidad de obtener información sobre la conducta natural de objetos y fenómenos, hasta el momento solo de existencia experimental conocida, mediante la observación directa de otros fenómenos perceptibles en condiciones naturales;

4. La perspectiva de descubrir que objetos y fenómenos hasta el momento de existencia experimental conocida tengan también una existencia natural perceptible de modo directo;

5. El descubrimiento y formulación de las leyes específicas para la transformación y conversión de la existencia experimental de los fenómenos y objetos en existencia natural observable.

De las nociones apuntadas se infiere:

PRIMEIRO: La posibilidad de que se formulen en el futuro, al menos, dos tipos nuevos de criterios de existencia: los de *la existencia extraexperimental intraexperimentalizada* y

los de la *existencia intraexperimental extraexperimentalizada*;

SEGUNDO: La perspectiva de que se arribe a un criterio más general de existencia basado en el descubrimiento de las leyes que rigen la transformación de la existencia experimental en existencia natural observable y, viceversa.

Un espinoso problema que ha traído consigo el surgimiento y ulterior desarrollo de la mecánica cuántica es el haber puesto en tela de juicio lo factible de aplicar, de forma directa, la metodología tradicional de las ciencias naturales a este nuevo dominio de la investigación. Antes el observador solo “miraba” los objetos y fenómenos que investigaba, y ese “mirar” de ningún modo significaba “influir” sino más bien todo lo contrario; ahora, la situación en el campo de la mecánica cuántica es bastante diferente. Si el investigador observara, pongamos por caso, al átomo a través del microscopio (claro está, mediante Rayos X), entonces, su “mirar” resultaría fatal para el microobjeto en cuestión, lo destruiría. Por otro lado, al parecer no es posible eliminar por completo las “influencias externas” que provoca el propio aparato de observación debido a la correlación de indeterminados, según la cual existen ciertos límites en los que la medición de un conjunto de parámetros es factible para que su resultado tenga valor, es decir, sea admisible para la descripción de un proceso en los cánones de la física clásica.

Si el científico intentara, por ejemplo, observar al átomo en las condiciones antes referidas, sobrepasaría automáticamente los límites previstos por la física clásica para considerar “fiables” los resultados de la medición. De ello se infiere que, para estudiar los microprocesos y calcular de forma correcta los fenómenos cuánticos, se hace necesario tener en cuenta no solo el aporte del microproceso investigado, sino también, el aporte de los procesos que tienen lugar en el sistema de medios de observación con que cuenta el experimentador.

Las investigaciones realizadas en el terreno de la mecánica cuántica han revelado que el propio proceso de obtención de información acerca de los microobjetos, microfenómenos, influye significativamente en el comportamiento de los mismos ocasionando variacio-

nes de energía. En otras palabras, los resultados del experimento siempre llevan la impronta, la huella de los aparatos macroscópicos empleados en él. En toda una serie de casos, la energía que aporta la influencia de los medios, instrumentos de medición y observación es similar e, inclusive, superior a la “energía de estado” del microobjeto examinado.

Conclusivamente, en el estudio de los microprocesos no se puede separar el fenómeno investigado del aparato utilizado para su análisis debido a que la influencia de los instrumentos supera en mucho los límites de medición permisibles por la física clásica. Esto significa que la información que obtienen los físicos sobre los microprocesos incluye en sí tanto la información que aportan los fenómenos por ellos analizados, como la información que resulta de la influencia de los aparatos y medios empleados en la investigación de dichos fenómenos. Se comprende entonces la concienciación de que el verdadero objeto de estudio de la física cuántica no sea el micromundo por sí solo, sino el micromundo en su relación con el macromundo, lo cual encuentra su explicación en el hecho de que los instrumentos y sistemas de medición empleados por el experimentador son macrocuerpos que se rigen por las leyes de la física clásica. Dicho de otro modo, las investigaciones de los microprocesos y sus resultados experimentales llevan en sí y presuponen la influencia del “sujeto” sobre los fenómenos estudiados, es decir, la influencia que ejerce sobre esos fenómenos el investigador al emplear instrumentos y aparatos manejados por él que afectan de manera significativa la conducta de los mismos. Con ello se produce un cambio en la comprensión de la relación sujeto-objeto en la actividad científica. La separación, habitual para las ciencias naturales clásicas, del sujeto y el objeto ha cedido su lugar, en los marcos de la física cuántica, a la idea del carácter inseparable de los mismos, en el sentido de que en la investigación no se puede liberar al “objeto” de la influencia del “sujeto”. Es este momento, en nuestra modesta opinión, el que quisieron destacar, no siempre de la forma más adecuada y comprensible, los fundadores de la teoría cuántica en sus innumerables escritos y manifestaciones acerca del *carácter diferente* que tenía el objeto de estudio de la física cuántica con respecto al objeto de las ciencias naturales clásicas.

E. Schrodinger expresó, en reiteradas ocasiones,

que a los físicos había que realizarles una “operación quirúrgica” muy peculiar: “amputarles”, extraerles de la mente el ideal clásico de que el objeto de estudio de las ciencias naturales debe ser la realidad objetiva libre de toda influencia por parte del sujeto; ideal clásico heredado de los griegos y cuya certeza, hasta el día de hoy, no había suscitado la menor duda. N. Bohr consideraba que la elaboración de los postulados cuánticos en la física significaba: “...*el fin de la contraposición absoluta entre el objeto observado y el sujeto que realiza la observación (...) las soluciones subjetivas están indisolublemente ligadas con las observaciones objetivas. Nosotros no creemos en la posibilidad de separar el conocimiento de nuestra solución. Sabemos que siempre seremos, al mismo tiempo, espectadores y actores en el drama de la vida*”.[2]

Por su parte, Heisenberg, caracterizando el problema de la existencia en la teoría cuántica, escribió: “... *los significados de todos los conceptos y palabras formados como consecuencia de la interacción entre el mundo y nosotros no pueden ser determinados de forma exacta. Este significa que nosotros no sabemos hasta que punto dichos conceptos pueden ayudarnos en el conocimiento del mundo. En ocasiones sabemos que nuestros conceptos son aplicables en dominios muy amplios (...) más, nunca sabremos con exactitud donde se encuentra su límite de aplicación. Ello se cumple, incluso, tanto para los conceptos más simples, como para los muy generales, por ejemplo, los conceptos de ‘existencia’, ‘espacio’ y ‘tiempo’*”.[3] Según N. Bohr, en consonancia con el postulado cuántico, cualquier observación de los fenómenos atómicos está siempre ligada con una serie de influencias externas, ajenas a los mismos, que no pueden ser menospreciadas y, por eso, los resultados de las observaciones no deben ser atribuidos sólo a los fenómenos observados sino también a los medios de observación.[4] “La interacción entre los aparatos de medición - apuntaba tiempo después el propio Bohr - y los fenómenos físicos investigados conforman una parte inseparable de lo que conocemos como fenómenos cuánticos”.[5]

De lo expuesto se infiere que la física cuántica investiga en la actualidad la relación que existe entre el micromundo y el macromundo. Ella no puede en el presente proporcionar un cuadro de cómo es en realidad el micromundo más allá de los aparatos. La cuestión del

estudio del micromundo tal y como es, por sí solo, constituye, al parecer, una tarea perspectiva planteada ante la física del futuro.

El asunto de la relación sujeto-objeto en la física cuántica ha sido recepcionado de diversas formas en los predios intelectuales suscitando, con frecuencia, opiniones encontradas.

Entre aquellos que no comparten los intentos de introducir cambios en las representaciones acerca de la realidad física con el propósito de caracterizar el estado de cosas que acontece con el objeto de investigación de la física cuántica y, muy en particular, las relaciones sujeto-objeto en este dominio del conocer; la ciencia de marcas tiene como objeto de estudio, directa y exclusivamente, el micromundo y solo el micromundo. Por ello asumen que tiene plena vigencia en este campo el ideal clásico de construir una teoría capaz de reflejar dicho objeto desechando las influencias que resultan de la interacción entre los microobjetos y los aparatos macroscópicos empleados en el experimento.

Una concepción contraria a la anterior es la que alimentan un grupo de investigadores inclinados a realizar una valoración e “lectura” idealista-subjetiva de los fenómenos cuánticos. En su opinión, los físicos se relacionan en la investigación con fenómenos puramente subjetivos. Basados en tales posiciones, plantean que la física clásica pensaba “inocentemente” que su objeto de estudio era la realidad objetiva, error, que la nueva física se ha encargado de rectificar al afirmar que su objeto de investigación es la “subjetividad pura”, es decir, todo aquello que el hombre introduce en la investigación.

Parece ser que *el objeto de la física cuántica es el micromundo, empero, influido, transformado por la actividad práctica del hombre*. Ello significa reconocer que el objeto de dicha ciencia contiene elementos de lo subjetivo. El hombre transforma el mundo mediante la práctica dirigida a cumplimentar un fin trazado de antemano. En este sentido, las transformaciones que realiza el hombre en el mundo no pueden ser consideradas como algo absolutamente independiente de la conciencia. Algo similar ocurre con el contenido de los conocimientos que tiene el hombre acerca del micromundo. Dichos conocimientos reflejan un dominio de la realidad objetivamente existente, pero, contienen elementos

que no son propios del micromundo como tal, sino que constituyen el resultado de la influencia que ejerce el hombre con sus aparatos e instrumentos de medición y observación los cuales funcionan y ejecutan las operaciones que el investigador desea y alteran la información que se recibe de los microprocesos. Es el hombre el que selecciona las condiciones en que se han de producir los experimentos; es el hombre quien elige que aparatos va a emplear; esto, sin lugar a dudas, debe dejar sus huellas en los resultados de la investigación. Sin embargo, tal dependencia no tiene un carácter absoluto ni mucho menos. Los métodos y aparatos utilizados en el estudio del micromundo, más que de la elección libre y voluntaria del hombre, dependen de las características objetivas propias de los microobjetos, de su esencia, que es, en fin de cuentas, la que determina cuáles métodos y aparatos deben ser empleados para coronar con el éxito la investigación.

En efecto, es el sujeto el que elige, pero, no se debe olvidar que los métodos y aparatos entre los cuales va a elegir son, precisamente, aquellos que han pasado la “prueba de fuego”, el “filtro” de las *restricciones inapelables* que impone el objeto de investigación, en este caso el micromundo, para su estudio correcto y exitoso; restricciones y condiciones objetivas que, en modo alguno, pueden ser desestimadas o ignoradas por el científico porque no dependen de él.

En resolución, el objeto de estudio de la física cuántica es sumamente dialéctico; plantea ante los científicos la importante tarea de, en lo adelante, intentar delimitar *sin absolutizar* las fronteras de lo objetivo y lo subjetivo en esta ciencia.

El análisis precedente da pie para pensar que la teoría cuántica es una muy compleja unidad de *lo subjetivo* y *lo objetivo*, al menos, en lo concerniente a su objeto de estudio y la información que de él obtiene el investigador.

Lo objetivo, en cuanto al proceso de conocimiento del micromundo, presupone, por necesidad, la presencia del *elemento subjetivo*: la intervención activa del sujeto que influye con sus instrumentos de medición y demás aparatos experimentales en la conducta de los fenómenos cuánticos. El físico no percibe los microfenómenos de forma directa, por ello, se ve en el imperativo de auxiliares en la investigación con equipos los cuales manipula según sus deseos, fines, creencias,

mitos, estilo de pensamiento, grado de comprensión del problema que analiza. Empero, esos planes, objetivos, nociones de índole ideal, subjetiva; ese acto de elegir las condiciones y operaciones del experimento, no son algo voluntarioso y arbitrario de modo absoluto. El científico, ciertamente, tiene la opción de seleccionar entre múltiples condiciones, aparatos y modos de proceder, no obstante, si aspira al éxito en su búsqueda, está obligado a elegir en el conjunto de condiciones, aparatos y modos de proceder aquellos que hayan pasado la “prueba de fuego” de ser compatibles con las *características objetivas* de los microfenómenos investigados.

Por otro lado, lo subjetivo y lo objetivo son, por su naturaleza, *esencias contrapuestas*. Lo subjetivo presupone la dependencia respecto al mundo espiritual del hombre; lo objetivo, todo lo contrario, la no dependencia de ese mundo espiritual.

Tal relación de presuposición y negación dialécticas entre *lo objetivo* y *lo subjetivo* nos sugiere dos conceptos heurísticos filosóficos para la ciencia:

- el de *lo objetivo subjetivado*;
- el de *lo subjetivo objetivado*.

¿Que nociones trae a la mente el término *lo objetivo subjetivado*?

1. El proceso de inclusión de *lo objetivo* en el campo de la actividad práctica-transformadora del hombre dirigida al cumplimiento consciente de un fin y que tiene, en unos aspectos, un carácter material-objetivo y, en otros, *elementos ideales-subjetivos* que se traducen en fines, motivaciones, evaluación de necesidades espirituales y materiales, deseos, proyectos, creencias, conocimientos científicos y técnicos, etc.;

2. Un estado de lo objetivo modificado por la presencia e influencia, directa e indirecta, del sujeto;

3. Lo objetivo que, a pesar de tener una existencia independiente, lleva en sí la “huella”, la impronta de la actividad del sujeto aun en ausencia de este;

4. Un estado en que lo objetivo adquiere la capacidad del reflejo psíquico-consciente de la realidad, es decir, en que lo objetivo se transforma en sujeto sin perder su cualidad de seguir siendo algo objetivo;

5. Un estado en que lo objetivo adquiere una o varias funciones conscientes.

¿Qué nos sugiere el término *lo subjetivo objetivado*?

1. La independencia de algo subjetivo, por su naturaleza, del propio sujeto cuya actividad lo generó;

2. Un estado de lo subjetivo modificado por la presencia e influencia, directa e indirecta, de lo objetivo;

3. Lo subjetivo como refleje veraz de lo objetivo. En otras palabras, la coincidencia, por el contenido, de algo subjetivo con su prototipo objetivo;

4. Un estado en que lo subjetivo se transforma en objeto sin perder su cualidad de continuar siendo algo subjetivo;

5. Un estado en que lo subjetivo adquiere una o varias funciones y propiedades objetivas;

6. Un proceso en que lo subjetivo sirve de punto de partida para modificar lo objetivo.

Las nociones enumeradas bien pudieran:

- ser etapas pasadas, presentes o futuras del devenir de las interpretaciones y puntos de vista acerca de la relación entre lo subjetivo e lo objetivo en el estudio del micromundo;
- representar estadios objetivos por los que transita la relación sujeto-objeto en el dominio de la experimentación física-cuántica;
- contener, directa e indirectamente, ideas e enfoques que conlleven a una más clara comprensión de los fenómenos cuánticos.

La ciencia física, en su impetuoso desarrollo, adentró al hombre en un nuevo campo de a realidad; la esfera de enlace del micromundo y el macromundo a través de los sistemas microproceso-aparato-investigador. Por ello, el objeto de investigación de la física cuántica, teniendo un carácter objetivo, incluye en sí "elementos", "huellas" de la actividad del sujeto, o sea, de lo que aporta la apreciación que hace el investigador de las condiciones en que se realizan los experimentos, así como, del propio fenómeno examinado. El papel del sujeto, debido a lo sofisticado de esas condiciones, en la mayoría de los casos, se incrementa hasta tal punto que induce a pensar en la posibilidad de que algunos de los fenómenos cuánticos que investiga el hombre solo existan en los marcos del experimento y no en condiciones naturales de modo espontáneo.

En resolución, todo parece indicar que la física, en su versión o modalidad cuántica, se ha trasmutado en una ciencia acerca de la actividad del hombre en el micromundo; en una teoría y práctica dirigida a investigar

el micromundo en su interacción con el macromundo humanizado, las cuales toman muy en serio la compleja relación que se establece entre lo subjetivo y lo objetivo en la indagación.

Tal representación induce a pensar la teoría cuántica como unidad de otros dos aspectos: *Macromundo* y *Micromundo*.

La existencia del macromundo, como tal, presupone, por necesidad, la existencia de suas componentes materiales primarios microscópicos y, viceversa, el micromundo, en su devenir de lo simple a lo complejo, presupone la existencia de sistemas materiales macroscópicos de mayor complejidad estructural.

Al mismo tiempo, la *naturaleza, predominantemente dinámica*, de las leyes y regularidades que rigen la conducta de los macrocuerpos y la *naturaleza probabilística, estadística* de las leyes que gobiernan el comportamiento de los microobjetos y microprocesos, se comportan como *esencias contrapuestas*.

Tales relaciones "Micromundo-Macromundo" apuntan hacia dos nuevos conceptos o nociones heurísticas:

- "Macromundo micromundificado";
- "Micromundo macromundificado".

¿Qué posible semántica pudiera tener el término *Macromundo micromundificado*?

1. Un tipo "sui generis" de macrofenómenos que sigan en su conducta leyes y regularidades análogas a las que rigen en el micromundo;

2. El macromundo influido por el micromundo;

3. El macromundo visto como expresión y consecuencia de lo que acontece en el micromundo o, estudiado tomando como punto de referencia el micromundo;

4. El sistema de transformaciones para la conversión de las leyes y principios de la física clásica en leyes y principios de la física cuántica;

5. El sistema de leyes y principios para la modelación cuánto-mecánica de los objetos y procesos del macromundo.

¿Hacia cuáles nociones apunta, por su parte, el término *micromundo macromundificado*?

1. Hacia la posible existencia de microfenómenos que se rijan en su conducta por leyes y regularidades similares a las del macromundo;

2. El micromundo influido por el macromundo;

3. El micromundo visto como expresión y resultado de lo que sucede en el macromundo o, estudiado tomando como punto de referencia el macromundo;

4. El sistema de transformaciones teóricas para la conversión de las leyes y principios de la física cuántica en leyes y principios de la física clásica;

5. El sistema de leyes y principios para la modelación física clásica e, quizás, macroscópica, de los objetos y fenómenos del micromundo.

El “orden simétrico” en que es posible colocar las nociones que suscitan en nuestra mente los conceptos heurísticos *macromundo micromundificado* y *micromundo macromundificado*, así como, el análisis comparativo de las mismas, inducen a pensar en:

PRIMERO: La probabilidad de que existan macrofenómenos que se comporten tal y como si fuesen microfenómenos y, viceversa;

SEGUNDO: La influencia recíproca del micromundo y el macromundo;

TERCERO: La perspectiva de estudiar el macromundo y el micromundo desde un punto de referencia hipotética o mental que no esté situado en ninguno de ellos;

QUARTO: El estudio del macromundo desde el micromundo y, lo contrario;

QUINTO: El análisis del macromundo desde múltiples puntos de referencia hipotéticos e reales *extramacromúndicos*, entre los cuales, el micromundo es, tan solo, uno más;

SEXTO: El examen del micromundo desde múltiples puntos de referencia hipotéticos e reales *extramicromúndicos*, entre los cuales, el macromundo es uno más;

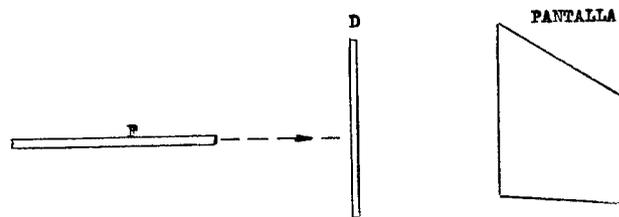
SÉPTIMO: La perspectiva de llegar a descubrir y elaborar un sistema de transformaciones para la conversión *mutua* de las leyes y principios de la física clásica y la cuántica;

OCTAVO: La posibilidad de formular algún día un sistema único de leyes y principios generales que permitan la modelación cuántomecánica de los macrofenómenos y, al mismo tiempo, la modelación física clásica o, quizás, macroscópica de los microfenómenos.

Por último, a modo de punto conclusivo de este trabajo, una muy breve acotación. Es posible que algunos de los conceptos e ideas generados en el curso de los análisis aquí realizados tengan ya sus equivalentes en el dominio de la Física y sean, por tanto, conocidos para los especialistas. En tales casos, la novedad hay que verla y buscarla, no en el contenido de las ideas y conceptos en cuestión, sino en las vías reflexivas mediante las cuales se arribó a ellos. Hecha la salvedad, solo resta desear que las “extravagancias” de este modesto artículo resulten de provecho para el lector.

Referencias

1. A diferencia de las leyes dinámicas, que permiten describir la conducta de un objeto individual y establecer de manera exacta y unívoca su estado, las leyes estadísticas describen la conducta de grandes conjuntos e conglomerados. Con relación a los objetos individuales que conforman dichos conjuntos, las leyes estadísticas solo proporcionan conclusiones probables (posibles) acerca del estado y la conducta futura de esos objetos individuales. El experimento de *la difracción de los electrones* ilustra diáfanoamente el carácter probabilístico de las leyes que rigen en el micromundo. Supongamos que se tiene una fuente emisora de electrones (F) y un diafragma (D). Tras el diafragma se encuentra situada una pantalla de alta sensibilidad en la cual se producen destellos cuando tiene lugar el choque de un electrón.



Si se deja pasar un número lo suficiente grande de electrones se obtiene sobre la pantalla un cuadro de difracción que se caracteriza por zonas oscuras o de sombra, como suele llamarseles en la terminología física. Las leyes de la mecánica cuántica permiten calcular con exactitud la forma de ese cuadro de difracción en su conjunto. Sin embargo,

cuando se trata de un electrón específico solo pueden indicar la probabilidad de que dicho electrón incida en uno u otro punto de la pantalla.

La primera conclusión a que se llegó, después de comprobar repetidas veces la realidad de este fenómeno, fue la de que la mecánica cuántica no era capaz de hacer una descripción completa del estado final del objeto investigado, en este caso, el electrón. En un inicio se consideró que él se debía a que aun no habían sido descubiertas “ciertos parámetros desconocidos” que harían posible en el futuro realizar un pronóstico del estado final del electrón, es decir, determinar el punto exacto de la pantalla donde incidiría cada electrón.

Lo cierto es que hasta hoy la experiencia demuestra que la teoría cuántica refleja de forma correcta su objeto de estudio al tiempo que establece que no es factible pronosticar con exactitud en qué lugar de la pantalla debe incidir cada electrón por separado. Parece ser que al micromundo no puede ser aplicada la denominada *concepción simple, unívoca de la causalidad* según la cual “causas iguales actuando en condiciones iguales deben originar efectos iguales”. Esta concepción no había confrontado dificultades en la física hasta que se reveló la naturaleza probabilística de los microprocesos.

El análisis de los resultados aportados por las investigaciones induce a pensar que en el micromundo la cadena causal no es lineal sino *ramal* (a semejanza de la ramificación de los árboles); que en él no rige la causalidad simple sino otra forma de causalidad, la *probabilística*.

Un lugar central en la concepción acerca de la causalidad probabilística lo ocupa el concepto de *posibilidad potencial*. De acuerdo con esta concepción,

las propiedades internas de los microobjetos son evaluadas como una posibilidad cuya forma de realización depende, en igual medida, tanto del sistema con el cual el objeto dado interacciona, como del estado del propio objeto.

En los marcos de la física clásica, el mundo era concebido como un conjunto de partes independientes que interaccionaban conforme a leyes dinámicas. En la teoría cuántica, las partes ya no son formaciones aisladas e independientes, ningún objeto puede ser por completo individualizado. Con el surgimiento y consolidación de las investigaciones acerca del micromundo, el ideal clásico predominante en la física, de que la materia podía ser representada como un conjunto de partes separadas e independientes, fue substituído por una concepción nueva sobre el universo como un *todo indivisible* cuyas partes aisladas tienen sentido solo en calidad de abstracciones e aproximaciones válidas en los límites de la física tradicional o clásica.

El enfoque del universo como un todo indivisible y la comprensión del microobjeto como cierta “colección de posibilidades potenciales” explican el carácter eminentemente probabilístico de la conducta de los microprocesos y, en consecuencia, la forma probabilística de la causalidad.

2. N. Bohr, *La física en la vida de mi generación*. Moscú, 1980, pp. 230-231.
3. W. Heisenberg, *La física y la filosofía*. Moscú, 1983, p. 67.
4. N. Bohr, *El postulado cuántico y el nuevo desarrollo de la atomística*, U.F.K., Tomo VIII, n. 3, Moscú, 1928, p. 307.
5. N. Bohr, U.F.K., Tomo XVI, n.4, Moscú, 1936, p. 457.