



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE HUMANIDADES**

LICENCIATURA EN FILOSOFÍA

TESIS

El realismo y la física cuántica desde la perspectiva de Karl R. Popper

Que para obtener el título de:
Licenciada en Filosofía

Presenta:
Mina Benítez Mejía

Asesora:
Dra. María Luisa Bacarlett Pérez

Toluca, Estado de México, 2023.

Sea lo que fuere lo que eso significa
Karl Raymond Popper

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. KARL R. POPPER, VISIÓN GENERAL.....	5
I.I. Crítica a la inducción	5
I.II. La falsación y los programas de investigación científica	9
I.III. Evolucionismo científico	16
I.IV. Teoría de los tres mundos	21
I.V. El realismo en K.R. Popper	26
CAPÍTULO II. LA FÍSICA CUÁNTICA Y SUS INTERPRETACIONES	39
II.I. El experimento de las dos ranuras	39
II.II. Mecánica ondulatoria.....	46
II.III. Mecánica cuántica	52
CAPÍTULO III. EL REALISMO DE K. POPPER Y EL OBJETIVO DE LA	
CIENCIA	62
III.I. La interpretación de Copenhague	62
III.II. La interpretación de Copenhague desde la óptica del realismo de K.R.	
Popper	67
III.III. El conocimiento objetivo y el mundo 3	75
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	84

INTRODUCCIÓN

La ciencia apunta a darnos, a través de las teorías que la componen, una imagen verdadera de cómo es el mundo; así, la aceptación de una teoría científica implica la creencia de que es verdadera, creemos que las teorías científicas son descripciones literalmente verdaderas del mundo independiente de la mente, y de esta forma podemos imaginar una teoría ideal hacia la que apunta la ciencia, que sea una descripción completa y precisa de todo lo real, incluida la estructura de la realidad que se oculta a la observación directa. Más aun, podemos insistir que la naturaleza y la existencia de los objetos en cuestión son objetivos e independientes de la mente, que la naturaleza y existencia de estos objetos es cognoscible a través de la investigación científica.

Es justo preguntarse si parte de la discusión sobre el realismo difumina las líneas entre estas afirmaciones. El tema de que existen cierto tipo de cosas en la realidad es una cuestión ontológica, hay quienes piensan que lo que es cognoscible determina lo que hay o, al menos, lo que podemos decir de manera significativa que existe, tal que podemos ser realistas en algunas cosas y no en otras. ¿Quizá realistas sobre lo observable y no sobre lo inobservable? ¿O podríamos ser realistas sobre las entidades postuladas por las ciencias naturales pero no sobre las postuladas por las ciencias sociales?

Hasta hoy, la ciencia no proporciona ni puede proporcionar una descripción completa y precisa del mundo independiente de la mente. Kant introdujo la idea de una *cosa en sí* para nombrar las cosas que podrían existir fuera de nuestra percepción, pero no podemos decir nada significativo sobre ellas, en tanto toda conversación o pensamiento sobre objetos independientes de la mente debe filtrarse a través de un sujeto cognoscente que necesariamente impone una estructura sobre esas cosas. Hablar del mundo independiente de la mente, como propone el realismo, no tendría sentido.

En la epistemología de la Física actual, la cuestión central no suele ser sobre términos de observación o la existencia de observables, sino, como veremos, sobre términos teóricos que supuestamente se refieren a entidades no observables. Podríamos ser realistas sobre nuestro lenguaje de observación y hablar sobre lo que podemos observar directamente, pero negar que podamos hablar de manera significativa sobre objetos teóricos. Los no observables incluirían, por ejemplo, cosas como ondas, partículas atómicas, efectos de experimentación de éstas, y se podría adoptar una postura escéptica sobre la existencia y naturaleza de dichos cuerpos microfísicos inobservables en tanto objetos teóricos; e igualmente juzgar la teoría cuántica que los describe, decir de ella que son ficciones usadas para obtener predicciones sobre cómo debería comportarse el mundo en ciertas condiciones.

Las dudas sobre el realismo y la realidad surgen de la intención verificacionista que permea ampliamente a la epistemología, mas ¿en qué sentido podemos establecer condiciones de verificación para entidades no observables? Las descripciones de pruebas experimentales que servirían para verificar solo producirían más experiencias de observables. Si los significados de los enunciados teóricos se construyen a partir de significados observacionales, entonces estamos estancados en el nivel observacional.

K. Popper plantea, a lo largo de su obra, una explicación del realismo y de igual manera proporciona un marco metodológico para poder postular teorías que nos ayudarán a entender precisamente el error que conlleva pretender verificar cualquier teoría o conjetura que hagamos respecto a la realidad, así mismo nos dará bases para entender que en efecto hay una realidad fuera e independiente del observador.

La realidad está afuera esperando a ser mostrada y explicada, esa es la postura que defiende K. Popper, en su obra el realismo se vincula con el falsacionismo como vía de evaluación de conjeturas, dándonos los medios para también poder elegir las teorías que más se aproximen a la verdad a través de

una postura pro-darwinista, lo que implica la incursión del evolucionismo en el nivel epistemológico.

¿Cómo los científicos deciden tomar partido por una teoría en lugar de otra?, problema que subyace a las conjeturas físicas durante los primeros años de la teoría cuántica. Con el surgimiento de la física cuántica fue posible por primera vez hablar de entidades que no se podían mirar a simple vista, entender sus interacciones y aceptar su realidad, corroborada por la evidencia experimental.

Los datos de observación disponibles son siempre consistentes con múltiples teorías, pues están sujetos a diferentes interpretaciones, como veremos al analizar la mecánica ondulatoria y la complementaria mecánica cuántica. Tal consistencia nos expresa la posibilidad de revisar la Interpretación de Copenhague¹ desde otra óptica y usando las herramientas que se han ido integrando con el avance de la ciencia. No solo es real lo observable a simple vista, sino todo aquello que no está a nuestro alcance inmediato por ser microfísico. Es posible comprender que si bien hay un mundo de postulados y entes teóricos que dan pie a dicha interpretación, es porque hay un mundo real que los exige para ser descubiertos, ambos espacios interactivos pero independientes, y que a su vez conviven con un mundo capaz de integrarlos y sustraer, sistematizar y objetivar todo lo que pueda conjeturarse sobre ese mundo real.

Esta tesis busca mostrar que la Interpretación de Copenhague no es un argumento contra el realismo, sino solo una pieza que permite descubrir la realidad, en tanto científicamente no niega la realidad independiente del mundo

¹ La interpretación de Copenhague está ligada a las figuras de Niels Bohr, Max Born y Werner Heisenberg. Postula como principio básico el "principio de incertidumbre", según el cual no se puede conocer simultáneamente la posición y el momento de una partícula, lo cual introduce dos problemas: en primer lugar, una presencia determinante del observador, lo cual produce, en segundo lugar, problemas de objetividad, es decir, no podemos conocer la realidad con precisión alguna, es más, surge la pregunta: ¿hay algo como una realidad independiente del observador? Esta interpretación se acerca entonces de manera clara a una postura antirrealista.

tal como se pretendía sostener, sustentado todo esto dentro del marco del experimento de Popper.

En el capítulo 1 conoceremos cuál es la visión general de K. Popper respecto a la ciencia, a través de analizar los principios metodológicos que propone a lo largo de su obra, la crítica a la inducción, el proceso de falsación que propone, así como los límites de éste, la adaptación que hace del modelo evolutivo de Darwin y su aplicación a la epistemología; de igual manera se abordará la teoría de los tres mundos y la interacción entre ellos, y a partir de ello exponer el tipo de realismo que subyace a su trabajo intelectual.

Conoceremos, en el capítulo 2, el experimento de la doble ranura, que es donde tiene su origen la física cuántica y la escisión que ésta sufre a través de las metodologías e interpretaciones que nacen para explicar los fenómenos microfísicos que contempla, así conoceremos la mecánica ondulatoria y la mecánica cuántica, y estableceremos una liga entre ambas a través de una contrastación de los postulados que las conforman a través de la metodología propuesta por K. Popper.

Para el capítulo 3 estableceremos la posibilidad de existencia de conocimiento objetivo y conocimiento sin sujeto, presentando la Interpretación de Copenhague de la física cuántica y analizándola desde la perspectiva del realismo en Karl Popper, mediante la propuesta que ubica las dos vertientes de la física cuántica expuestas en el capítulo 2, como habitantes del Mundo 3 expuesto por Popper, para poder dar una interpretación alternativa a la Interpretación de Copenhague

Creemos que esta tesis, trabajando un tema de filosofía de la ciencia y en concreto de la física cuántica, en realidad retoma un tema filosófico que están antiguo como la filosofía misma, es decir, saber si aquello que decimos conocer es independiente de la manera como lo conocemos. Ya desde los escépticos griegos, como Pirrón de Elis, la interrogante se planteaba en estos términos: ¿realmente podemos conocer algo? En la ciencia actual este tema es un tópico que sigue en boga, porque finalmente no tenemos otra manera de

acercarnos al mundo más que a través de nuestros sentidos y nuestro entendimiento, lo cual nos lleva irremediabilmente a preguntarnos: cuando decimos conocer algo, ¿conocemos ese algo o más bien solo la manera cómo podemos representárnoslo? Insistimos, es un tópico antiguo, que tomará su forma moderna con Emmanuel Kant y que en la física actual se expresa en las interrogantes abiertas por la física cuántica.

CAPÍTULO I. KARL R. POPPER, VISIÓN GENERAL

I.I. Crítica a la inducción

Supongamos que nos hemos propuesto deliberadamente en este desconocido mundo nuestro, adaptarnos a él todo lo que podamos, aprovechar las oportunidades que podamos encontrar en él y explicarlo (...). Si nos hemos propuesto esto, entonces no hay procedimiento más racional que el método del ensayo y del error, de la conjetura y la refutación (...) el método de la ciencia es crítico, o sea, trata de efectuar refutaciones. Karl Popper, *La ciencia: Conjeturas y refutaciones*.

Toda ley universal carece de demostración cuando para ello se recurre a la experiencia, ésta solo brinda datos propios de particularidades, no hay proceso lógico capaz de llevarnos a partir de sucesos peculiares a proposiciones generales. David Hume ya lo notó hace tres siglos. No obstante el avance de la ciencia, el hombre se encontró, durante todo ese tiempo, imposibilitado a afirmar que las leyes por ella formuladas proporcionarían un conocimiento verdadero sobre la realidad. Justamente cuando la ciencia comenzaba, a través de experimentos, a dar enormes pasos, sus fundamentos comenzaron a derrumbarse.

Kant consideró que la física newtoniana era la ciencia verdadera y definitiva. Sin embargo, junto a Hume, notó la invalidez de la inducción por partir de un hecho experiencial, por lo que procuró una solución al problema contenido entre los resultados de Newton y la metodología que subyacía a ellos: los principios básicos de la ciencia no se obtienen de la experiencia, lo que implica entonces que son proporcionados por el entendimiento, acertando que el conocimiento humano se basa en un conjunto de categorías anteriores de la experiencia capaces de proporcionar el marco a través del cual ésta tiene sentido; dichos elementos, encontrados en la estructura de la razón humana, usados de modo correcto para evaluar la experiencia, permitirán obtener las leyes fundamentales de toda teoría científica.

En el siglo XX Albert Einstein publicó la *Teoría de la relatividad*. La física newtoniana ya no es universalmente válida. El problema de la inducción, que no se erradicó por completo, continuaba atribuyendo certeza a las afirmaciones de la ciencia experimental. Las leyes científicas ya no son verdaderas, tampoco falsas, son únicamente convenciones preestablecidas y cuyo valor radica en las consecuencias que de ellas sigan, renunciando a conocer las causas primeras, para establecer ahora solamente relaciones entre fenómenos observables. La ciencia es entonces aquella justificada mediante demostraciones experienciales estrictas.

Con esta idea en mente, frente a la necesidad de atender a la pregunta ¿qué es ciencia?, antes de atender a un método, y partiendo de la invitación a realizar ciencia de carácter plenamente inductivo, responderemos: ciencia es toda teoría admisible a partir de proposiciones singulares verificadas por la experiencia. Esto implica que toda teoría parte de su verificación de forma lógica, en tanto que para demostrarla se recurre al *Modus Ponens*.

Pero hemos adelantado que no podemos admitir la inferencia de leyes o teorías a partir de planteamientos de carácter singular comprobados en la inmediata experiencia, en tanto que todo razonamiento inductivo parte de lo singular para decantar en una proposición general. La conclusión a la que hemos de llegar mediante el uso de *Modus Ponens* es únicamente probable, no consta que sea lo que es.

El problema de la inducción surge, así, a partir de la imposibilidad de afirmar algo universal a partir de datos particulares ofrecidos por la experiencia. Digamos de esto, haciendo uso del clásico ejemplo de los cuervos, que: hemos observado un cuervo negro en nuestra ciudad hoy, al mismo tiempo un cuervo negro en cualquier otra ciudad, un cuervo negro la semana pasada y sabemos que mañana veremos un cuervo negro por el nido que hay fuera; de todos estos casos singulares podemos concluir: “todos los cuervos son negros” como un caso plenamente universal; pero esta conclusión no es segura, no hemos visto todos los cuervos y, hasta no ver a todos, cabe la posibilidad de que un cuervo

entre ellos sea blanco.

Aún cuando hubiésemos visto cuervos negros en cantidad superior, ya sea 500 o 600, la conclusión no se torna más segura; sigue siendo tanto como antes una cuestión meramente probable, con lo que no es posible afirmar que la veracidad de un enunciado universal está reducida a la verdad de una proposición singular justificada en la experiencia. Por muchos millones de cuervos negros vistos, no será posible afirmar que *Todos los cuervos son negros*. Por otra parte, encontrar un solo cuervo que no sea negro es suficiente para notar que *No todos los cuervos son negros*. La inferencia inductiva de enunciados universales a partir de la observación es inconsistente para el establecimiento de los casos en los que no poseemos experiencia alguna, resulta entonces imposible la existencia de argumentos universales verdaderos. La validez de los enunciados empíricos no está cimentada en la inducción, sino sobre la contrastación posterior de hipótesis establecidas mediante ensayo y error; así, la validez de las proposiciones no resulta definitiva sino provisional. De ello que se opte por falsar, como criterio de demarcación científica, en vez de verificar. Una corroboración basada en observaciones particulares, aunque éstas sean numerosas, lo único que hace es no refutar la teoría, pero no demuestra que sea verdadera. En este sentido, las teorías no son nunca verificables empíricamente. Si queremos evitar el error positivista de que nuestro criterio de demarcación elimine los sistemas teóricos de la ciencia natural, debemos elegir una criterio que nos permita admitir en el dominio de la ciencia empírica incluso enunciados que no puedan verificarse². Por muchas pruebas enunciadas, habidas, para apoyar una teoría, nunca tenderemos la certeza que la siguiente observación será compatible.

En este punto, K. R. Popper da cuenta de la imposibilidad de la ciencia a partir de ejercicios inductivos, preguntándose si está o no justificado lógicamente derivar con certeza una conclusión general a partir de observaciones singulares o bajo qué condiciones lo estaría, agregando que:

² Cfr. POPPER, K. *La lógica de la investigación científica*.

El problema lógico de la inducción surge: (a)... de que es imposible justificar una ley por la observación o el experimento, ya que "trasciende la experiencia"; (b) del hecho de que la ciencia propone y usa leyes "en todas partes y en todo momento"... (c) el principio del empirismo, según el cual en la ciencia solo la observación y el experimento pueden determinar la aceptación o el rechazo de enunciados científicos, inclusive leyes y teorías. Estos tres principios mencionados, (a), (b) y (c), a primera vista parecen incompatibles; y esta aparente incompatibilidad constituye el problema lógico de la inducción.³

Si afirmamos de un enunciado que éste es verdadero por mera experiencia, en el momento de proponer una justificación, estará condicionada a que presupongamos una inducción anterior para justificarla, hemos de presuponerle algo aún más allá de ella. Toda inferencia inductiva requerirá de un justificante de orden superior en una cadena infinita. Esto presupone la imposibilidad de comprobación junto a su forma lógica no verificable. No podemos hablar de ciencia en este caso ni diferenciarla de lo que no es. "...desde un punto de vista lógico, dista mucho de ser obvio que estemos justificados al inferir enunciados universales partiendo de enunciados singulares, por elevado que sea su número, pues cualquier conclusión que sacamos de este modo corre siempre el riesgo de resultar algún día falsa..."⁴. Inferir de casos particulares leyes universales implica un desarrollo ilógico de la razón, podemos concluir algo falso, no obstante la veracidad de nuestras premisas.

No se trata, entonces, sobre cómo se produce o ingenia una teoría, sino de las acciones que nos permitirán examinar el proceso lógico de su desarrollo, acciones consistentes en la investigación de los métodos empleados en las contrastaciones sistemáticas a los cuales toda nueva propuesta debe someterse antes de ser sostenida como ley. No se precisa, ya, de experimentar buscando regularidades resultantes de la repetición de los procesos, hay que imponer regularidades de la teoría en la observación y notar similitudes a partir de las hipótesis que se proponen para su corroboración: realizar conjeturas y refutaciones, probar y errar, predecir conclusiones sin antes proporcionar premisas, no obstante, las primeras requieran ser eliminadas al mostrar las

³ *Id. La ciencia: Conjeturas y refutaciones.* p. 81.

⁴ POPPER, K. *La lógica de la investigación científica.* p. 27.

observaciones que tales resultados aventurados son erróneos. De modo que toda teoría científica no será, como en la ciencia inductiva, un conjunto de símiles recopilados a través de observaciones, sino conjeturas presentadas para ser evaluadas, con opción a eliminación a partir de los resultados, si no cumplen las predicciones realizadas. Tales observaciones no serán accidentales, más bien resultarán de acciones predeterminadas con un fin premeditado: examinar una teoría para lograr, si es posible, su decisiva refutación.

I.II. La falsación y los programas de investigación científica

Para que el conocimiento ocurra debemos ir descartando entonces aquellas teorías que no han sido sancionadas negativamente, en palabras de Popper: que no hayan sido refutadas. Tenemos, por consiguiente, la necesidad de plantear un medio que nos permita descartar teorías y establezca cómo y cuándo estamos capacitados, y en qué condiciones, para sustituirlas. El científico estará dispuesto a realizar la sustitución por razones lógicas y por la contrastación con la experiencia, una segunda suplirá a su antecesora en tanto explique más hechos y lleve a predicciones, más detalladas que la primera. Para comenzar el proceso, debemos estar ciertos que las teorías a contrastar son cercanas a la verdad, y elegiremos la más próxima sí, y solo sí, se siguen de ella enunciados con mayor grado de verosimilitud, la cual se refiere a ponderar la cualidad de veracidad y falsedad del contenido de las teorías enunciadas.

Toda teoría será contrastada con los resultados obtenidos de experimentos y datos reales, y mientras no sea falsada es admitida provisionalmente, pero de ser falsada, deberá ser abandonada, pues alguno de los principios en que se funda es falso y ha de sustituirse por una teoría alternativa. A cada teoría propuesta la consideraremos falsable si es factible dividirla de forma precisa, a partir de acontecimientos observables, en sus enunciados base. Por una parte, identificaremos todos los enunciados de base

que enuncian lo que ella excluye o prohíbe y con los cuales está en contradicción, sus falsadores potenciales; y por otra, todos los enunciados que expresan lo que ella permite y con los cuales no está en contradicción. Las hipótesis o teorías con mayor grado de falsabilidad han de ser preferidas, aun cuando no sepamos cuán verosímiles pueden llegar a ser las teorías. La ciencia progresará, de este modo, a base de ensayo-error. Hasta este punto podemos inferir que:

- La susceptibilidad a la falsación determina la naturaleza científica de una teoría.
- Si se desea remplazar una teoría, la nueva propuesta ha de poseer un contenido empírico superior al de su predecesora, y deberá ser capaz de explicar los aciertos incluidos en sus ancestros. Así mismo, tendrá que contrastarse independientemente. De no poseer esta cualidad, se desecha.
- Toda teoría, siempre, ha de ser contrastada tan rigurosamente como se pueda; de ser experimentalmente refutada debe ser rechazada, y una vez refutada no deberá retomarse en una etapa posterior de la investigación.
- Es inaceptable toda teoría inconsistente.
- El número de axiomas a emplear será llevado al mínimo.

El proceso científico inicia, así, mediante la proposición de nuevas teorías que son sometidas a rigurosas evaluaciones empíricas, con el fin de refutar las hipótesis en el instante que las observaciones entran en conflicto con las teorías existentes. Aquéllas que superan la refutación serán corroboradas y aceptadas. Este es el criterio de refutabilidad propuesto por Popper ante el inductivismo y verificacionismo.

A diferencia de la interpretación positivista, Popper hace notar que las teorías jamás se verificarán, pero sí pueden ser refutadas. Dada la imposibilidad

de comprobar todos los posibles casos contenidos en una hipótesis científica, somos incapaces de utilizar la verificación en la contrastación. El criterio de demarcación que distinguirá el carácter científico de una teoría radica no en su verificabilidad, sino en la posibilidad de ser refutada, ostentar intrínsecamente la posibilidad de su falsabilidad.

Partamos nuevamente de un ejemplo y digamos como mera hipótesis la premisa: *Si el axioma es verdadero entonces la hipótesis es verdadera*; como segunda premisa: *La hipótesis no es verdadera*, como resultado de nuestra observación. Concluimos, entonces, con seguridad, a diferencia de inductivismo, que carece de veracidad el axioma; así, concluimos: *El axioma no es verdadero, con lo cual la teoría ha quedado refutada*. A esta concepción metodológica Popper la llama *contrastación deductiva de teorías*.

De este punto en más se procederá, partiendo de las conjeturas establecidas al momento de plantear el problema. Una a una serán tomadas tales conjeturas y presentadas a título provisional, como si fuesen una idea recién concebida, anticipación, hipótesis o sistema teórico, y se les dotará, con el fin de ser sumamente estricto, de la condición de aún no estar justificadas de manera absoluta. Una vez propuesta la teoría, se analizarán sus proposiciones y se extraerán las conclusiones que de ella sean necesarias, por medio de una deducción lógica. Todas estas conclusiones se compararán entre sí y con otros enunciados pertinentes, con la finalidad de hallar las relaciones lógicas que existen entre ellas, ya sean de equivalencia, deducibilidad, compatibilidad o incompatibilidad.

La contrastación contemplará cuatro aspectos: (a) Comparación lógica de las conclusiones obtenidas de la deducción unas con otras, con la finalidad de contrastar la coherencia interna del sistema. (b) Estudio de la forma lógica de la teoría propuesta para determinar su carácter, si es empírica, científica o tautológica. (c) Compararla con otras teorías, aquí es imprescindible mostrar que la propuesta a refutación que está en turno de revisión representa un adelanto científico significativo con respecto a su predecesora; finalmente (d)

Se contrastará por medio de la aplicación empírica de las conclusiones que pueden deducirse de ella, en medida que es necesario entender hasta qué punto satisfacen las conclusiones de la nueva teoría los requerimientos de la realidad.⁵

Esta última etapa de contraste, a su vez, contemplará cuatro directrices más: (a) Con ayuda de otros enunciados anteriormente aceptados, se deducen de la teoría a contrastar que está siendo revisada y se entiende como nueva, predicciones que sean fácilmente contrastables; (b) Se eligen entre estos enunciados los que no sean deductibles de la teoría vigente y que se encuentren en contradicción con ella, de modo que todo enunciado que sea nuevo, no contenido en la teoría anterior a la que se esté revisando, y que sea completamente contradictorio a ésta, se contrastará con los enunciados que sí son directamente deducidos de ella. (c) Se tratará de decidir cuál explica más de la realidad, en lo referente a estos enunciados deducidos y a otros, comparándolos con los resultados de las aplicaciones prácticas y de experimentos. Tomando los resultados publicados de los experimentos, se tenderá a descartar o aceptar los argumentos revisados, y finalmente (d) Si la decisión es positiva, si las conclusiones resultan verificadas, la teoría a que nos referimos habrá tenido éxito, pero si la decisión es negativa, si las conclusiones han sido falsadas, esta falsación revelará que la teoría de la que se han deducido lógicamente es falsa.

Es indispensable realizar las cuatro últimas contrastaciones con extremo rigor, pues de estos resultados se obtendrá directamente el carácter verosímil de cada teoría revisada, y mediante una contrastación final, que ha de cumplir el método hasta ahora contemplado para cada teoría, resultará posible, al fin, proponer la reconfiguración que en el proyecto se pretende encontrar.

De este punto en más habrá de denotarse una frontera entre lo que es ciencia y lo que no. Este criterio de demarcación es el criterio de refutabilidad: habrá de considerarse científicos y válidos aquellos enunciados que sean

⁵ Cfr. POPPER, K. *La lógica de la investigación científica*.

refutables. Cabe advertir sobre los enunciados refutables que han sido refutados: estos no forman parte más del cuerpo de la investigación. La posible validez de una teoría no resulta adquirida de las observaciones que la preceden y sustentan, como pretende el inductivismo, no resulta verdadera de una vez para siempre, sino que ha de confirmarse si resiste falsaciones posteriores.

El criterio de demarcación propuesto exige del científico no un interés principal en defender su teoría, sino una búsqueda de los medios propuestos para confrontarla con otras con el fin de falsarla o aprobarla. El científico debe estar en un estado de duda permanente; una duda lleva a nuevas dudas; el conocimiento no es abarcado en su totalidad. El científico duda de su teoría y por lo tanto intenta refutarla. Cuando consigue su objetivo propone una nueva conjetura que nuevamente será objeto de duda. Teniendo como referencia las posturas abordadas, no resultará difícil acceder a las conclusiones y observaciones que Karl R. Popper apunta:

(1) La inducción, [...] es un mito. No es un hecho psicológico, ni un hecho de la vida cotidiana, ni un procedimiento científico. (2) El procedimiento real de la ciencia consiste en trabajar con conjeturas: en saltar a conclusiones, a menudo después de una sola observación [...] (3) Las observaciones y los experimentos repetidos funcionan en la ciencia como test de nuestras conjeturas o hipótesis, [...] como intentos de refutación. (4) La errónea creencia en la inducción se fortifica por la necesidad de un criterio de demarcación que, según se cree tradicional pero erróneamente, solo puede suministrar el método inductivo. (5) La concepción de este método inductivo, como el criterio de verificabilidad, supone una demarcación defectuosa. (6) Nada de lo anterior cambia lo más mínimo con afirmar que la inducción no hace seguras a las teorías, sino solo probables.⁶

Popper partió de las teorías de Marx, Freud y Einstein para detallar los aspectos de su metodología. Mientras la teoría de la gravitación es claramente contrastable y refutable, el socialismo y el psicoanálisis resultan problemáticas a partir de su poder explicativo. Aunque refutables, resultaron ser interpretables, para volverlas compatibles y siempre adecuables a las diversas situaciones, ofreciendo una interpretación para todo caso debido a su capacidad para ser

⁶ POPPER, K. *La lógica de la investigación científica*. cap.32-33

insertadas de hipótesis *ad hoc* que les permitían responder a la medida cualquier inconsistencia previa.

Las hipótesis enunciadas, puestas a prueba y desmentidas por la realidad o un experimento deberán ser lo más claras y precisas posibles, si se pretende llegar al conocimiento. A partir de este enunciado, y sin tomar en cuenta notas posteriores del autor, notamos cómo el verificacionismo tiene un elemento dogmático y débil, pues busca a toda costa confirmaciones, además de cimentarse sobre una base empírica autoproclamada infalible, la supuesta honestidad científica que esgrime consiste en apostar de antemano por los resultados de un experimento.

Es preponderante encontrar un método capaz de distinguir entre proposiciones científicas y no científicas. En este caso, el criterio de demarcación se torna, al mismo tiempo, en instrumento metodológico de veracidad científica, a partir de aquí las proposiciones no corroborables por tal método, a pesar de que parezcan ser científicas, aparecen como falsas.

La teoría de Karl Popper, sin embargo, al establecer *falsadores potenciales* tiene sus límites, en la medida que toda teoría nace con un conjunto de fenómenos que la refutan en el mismo momento de su postulación, pero sobre todo, porque la contrastación no ocurre en el simple enfrentamiento entre teorías y hechos, sino entre la teoría vigente, los hechos y una nueva teoría que se propone como alternativa. La falsación se torna entonces en un doble enfrentamiento entre dos teorías rivales y la experiencia, tras ello una es aceptada y la otra refutada. La refutación, en este caso, dependerá del éxito total de la teoría rival, por lo que es pertinente plantear como unidad de análisis complementaria los Programas de investigación científica (PIC), propuestos por Imre Lakatos, cuya función es superar la idea de *falsación ingenua* presente a lo largo de la contrastación deductiva, abarcando toda teoría científica y demandando su rechazo cuando no se adecúa a la realidad. Lakatos como Popper considera la predicción falible, pero a diferencia del austriaco, no porque la teoría en sí sea falsa, sino porque algo en las premisas de ésta es erróneo.

Luego, la teoría puede ser salvada mediante una hipótesis auxiliar que fue introducida junto a la primera, o a través de una nueva revisión en las condiciones iniciales, y no porque se esté modificando para adecuarse a una condición, sino porque los *PIC* están constituidos por un conjunto de teorías interrelacionadas y ninguna de ellas es abordada independientemente. Una teoría falsable hará referencia al programa por completo, de igual modo, al no superar el examen, descartar una teoría implicará la eliminación por completo del programa como un todo. El programa está así protegido ante fallos metodológicos o errores de predicción al contar con el respaldo de hipótesis auxiliares.

Al consistir en una sucesión de teorías relacionadas entre sí, los *PIC* generan nuevas ideas partiendo de las anteriores. Las teorías contenidas dentro de un *PIC* comparten un núcleo firme (*NF*), irrefutable por consenso, formado por las leyes básicas que cimientan el programa, por lo cual no es posible aplicarle el *Modus Tollens*. Éste será el conocimiento fundamental no problemático que nos permitirá contrastar la teoría. El único momento para abandonarla se da en el momento que la teoría se vuelve incapaz de predecir nuevas conjeturas. Este *NF* se encuentra protegido por un cinturón protector (*CP*) constituido por hipótesis auxiliares modificables, eliminables o reemplazables, cuya función es defender el núcleo impidiendo su falsación. Al interior de los *PIC* encontramos, también, una *heurística negativa*: primero la parte central y dura, planteamientos básicos y estructurales, difícil de modificar y de combatir, no falsable por convención de la comunidad científica, y dicta lo que deberá ser evitado; junto a ella se encuentra la *heurística positiva* que sirve de guía e indica cómo continuar el programa, es el contenido de investigación del programa e instrucciones que permiten saber cómo proceder con el cinturón protector. Esta es la parte que le indica al investigador/científico cómo desarrollar correctamente el programa en cuestión y cómo cambiar su forma de trabajo o planteamiento con respecto a una teoría cuando se enfrenta a un problema. La *heurística positiva* indica las vías a seguir por los científicos y constituye el cinturón protector.

Al enfrentarse el *PIC* a anomalías empíricas, que teóricamente no está posibilitado a predecir, se reemplaza por un *PIC* rival. De no haber un *PIC* rival capaz de conservar los elementos no refutados del anterior, y que, al mismo tiempo, posea soluciones para las nuevas anomalías, el *PIC* en cuestión pasa a una etapa regresiva hasta recuperarse. Los programas pueden considerarse progresivos o regresivos. Sucede el primer caso cuando la teoría lleva al descubrimiento de nuevos hechos, y a través de ello realiza un cambio progresivo en la problemática. Los segundos ocurren cuando la teoría se establece con la única finalidad de dar espacio a hechos conocidos, planteando hipótesis auxiliares después de los experimentos con la finalidad de proteger la teoría.

La concepción que Lakatos esgrime de explicación y falsabilidad es similar a la planteada por Popper, pero está permeada por la noción de *paradigma* expuesta por Kuhn. Los *PIC* parecen mezclar la lógica de Popper y la dimensión social-histórica-científica de Kuhn, mostrando afinidad con el paradigma de la complejidad y el pensamiento sistémico, a la vez que plantea un conjunto complejo de teorías que interactúan entre sí.

Todo programa conlleva, tarde o temprano, anomalías que es incapaz de asimilar y problemas sin solución. La ciencia es incapaz de alcanzar la verdad, pero cada teoría nueva tiene la capacidad de explicar más cosas que su predecesora, y más aun, predecir nuevos fenómenos que nadie antes imaginó.

I.III. Evolucionismo científico

Las teorías se mueven, cambian, progresan: evolucionan. Las predicciones no solo pueden sino que, de hecho, a veces fallan. La constante transformación de modelos y proposición de nuevas estructuras resulta tan evidente y persistente que no es cuestión de ligeras modificaciones sino de progreso evolutivo, esto también es un hecho. La pregunta ahora es: ¿es el progreso evolutivo lento, ligero y progresivo, o tajante y rápido, casi inmediato y radical?

La epistemología evolucionista aborda los problemas de la teoría del conocimiento a través de la óptica de la evolución biológica. Desde dicha perspectiva, el conocimiento corresponde a la realidad en tanto somos seres vivos descendientes de otros organismos mediante el desarrollo de capacidades adecuadas al entorno en que se desenvuelven. La teoría kantiana de las formas y categorías *a priori* como condición de posibilidad experiencial, revisada por Konrad Lorenz⁷, indica que todo organismo posee, resultado del proceso evolutivo, estructuras innatas de conocimiento cuya función es servir como caracteres hereditarios que posibiliten el uso de información para realizar la adaptación correspondiente. Tales estructuras son condiciones *a priori* del conocimiento que, al tener su origen y ser desarrollados en y mediante la evolución, son cambiantes y no inmutables. El símil planteado entre biología y epistemología, así como el conocimiento que de ello emana, es válido en la medida que en el proceso evolutivo y el aumento de conocimiento se trata de la aparición de nuevos organismos y teorías sometidos a selección, eliminación y adaptación: ambos se determinarán a través del marco común de conjetura - formulación tentativa- y selección adaptativa–refutación-.

Popper aborda el progreso de la ciencia desde un enfoque evolutivo con la finalidad de esclarecer las ideas de instrucción y selección sobre las teorías. La concepción que esgrime es similar a su esquema de ensayo y error, resultando en un desplazamiento por parte de la epistemología desde el enfoque físico hacia la biología. Desde aquí considerada, la ciencia y su progreso pueden verse como un medio utilizado por el hombre para adaptarse a un medio nuevo, ya sea un espacio al que jamás llegó o un espacio que ha inventado para habitar.

Esto conlleva tres niveles de adaptación: a) adaptación genética, b) aprendizaje conductual adaptativo y, c) descubrimiento científico; cuyo estudio es regido por una tesis que afirma la “ semejanza fundamental en los tres niveles... [:] En los tres niveles... el mecanismo de adaptación es

⁷ Behind the Mirror: A Search for a Natural History of Human Knowledge, Studies in Animal and Human Behavior, Volume I&II, Motivation of Human and Animal Behavior: An Ethological View.

fundamentalmente el mismo”⁸.

Los tres niveles comparten una estructura básica heredada denominada “estructura génica” del organismo, y de la cual la adaptación corresponde con el nivel conductual y con el descubrimiento científico. Esta estructura es transmitida mediante respuestas de instrucción génica y siempre provendrá del interior de la estructura, de modo que cualquier error o variación, que resultará en nuevas instrucciones a heredar, es producto más de lo interno que de un medio externo en medida que resulta de situaciones que someten a las estructuras a desafíos y problemas, dando lugar a mutaciones-recombinaciones de la instrucción en el nivel genético, así como a variaciones-recombinaciones tentativas en el repertorio innato correspondiente al nivel conductual.⁹

Este proceso constituirá, a partir de ahora y en medida que tiene origen interno, cambios dentro de la estructura individual. Los ensayos tentativos defectuosos o incapaces de una adaptación efectiva resultarán eliminados, “...podemos hablar de adaptación por el método de ensayo y error, o, mejor aún, por el método de ensayo y eliminación del error. A la eliminación del error, o de las instrucciones de ensayo mal adaptadas se le denomina también selección natural”¹⁰. Y de ningún modo esta reestructuración, fruto de la práctica de la conjetura y la refutación, brindará balance o decantará en el fin del proceso. Las soluciones proporcionadas no son perfectas, ni totales, ni absolutas. Las nuevas estructuras e instrucciones para someter los programas a ensayo y error implican un cambio en el ambiente en que se desenvuelve la práctica. Habrá problemas y desafíos que no estaban contemplados en el marco anterior, por lo que será necesario introducir nuevos elementos que permitan trabajar correctamente con los cambios emanados de dentro del organismo. En el nivel genético y conductual las cosas terminan en una mutación en un gen que derivará en cambios enzimáticos, que a su vez llevarán

8 POPPER, K. *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad*.P.19.

9 *Cfr. Ibid.*

10 *Ibid.* P. 20-21.

a cambios significativos en el organismo y determinarán cómo éste se desenvuelve en el entorno que le rodea, abriendo nuevos puntos de selección. La adopción de nuevas prácticas conductuales va a la par que el desenvolvimiento en un nuevo espacio ecológico, por lo que esto presenta nuevos desafíos adaptativos y cambios genéticos. Los cambios tienen entonces distintos niveles: a) genéticamente las mutaciones son aleatorias, no dirigidas a un fin, y b) conductualmente el cambio está dirigido por un fin y los organismos pueden aprender mediante ensayo-error, no obstante la ceguera que implican los ensayos, lo que en ocasiones permitirá la aparición de un modelo flexible que incite a diferenciación y modificación estructural, y no solo a realizar el modelo rígido original. Además de que la adaptación genética requiere para su funcionamiento de al menos dos o tres generaciones para poder hacerse patente, pues en los organismos cuyo lapso temporal es más corto o cuya reproducción resulta más rápida, el cambio se nota; mientras que los organismos de más lenta reproducción y un amplio lapso temporal, al no poder cambiar tan rápido para adaptarse a las modificaciones del entorno, se ven precisados a desarrollar repertorios de conducción, a los que los organismos de más rápida evolución genética no tendrán acceso. Mas en ambos casos también está presente cierto grado de creatividad.

Pasando a la epistemología, aquí es visible cómo la introducción de una nueva teoría tiene alcances mucho más profundos que las modificaciones sufridas en otras instancias, por ejemplo, biológicas, pues no solo esta nueva conjetura resuelve problemas sino que da origen a más, por completo inesperados, en medida de su función como "...un nuevo órgano sensorial."¹¹ De igual modo, en el ámbito de las teorías, a diferencia del ámbito biológico, éstas pueden someterse a prueba y crítica antes de generalizarse, lo que puede llevarlas a la publicación, transformándose en objetos exteriores capaces de ser estudiados por toda la comunidad científica. Ahora son objetos de crítica y estudio, "Así, pues, podemos librarnos de una teoría que no se adapta, antes de que su adopción nos convierta en inadaptados para sobrevivir. Mediante la

11 *Ibid.* P. 21.

crítica de nuestras teorías podemos dejarlas morir en nuestro lugar”¹². También el lenguaje estimula la narración, repercutiendo en la imaginación creadora, siendo el descubrimiento científico “...afín a la narración explicativa, a la producción de mitos y a la imaginación poética...”¹³; lo que permite la interacción entre científicos a través de la crítica y la competencia/cooperación hostil-amistosa, cuyo objetivo común tiene la aproximación a la verdad.

En tanto sean planteados los nuevos problemas en un nivel de profundidad radicalmente distinto, esta teoría, y el progreso que conlleve, será calificada de revolucionaria. El descubrimiento de nuevos hechos, sucesos o fenómenos no se realiza a partir de la copia o asimilación de condiciones externas, no es fruto de inducción o instrucción de medios, sino de la experimentación y el desecho de los errores. Hacemos antes que comparar¹⁴ y producimos estructuras nuevas antes que exponerlas a contrastación y refutación.

El conocimiento científico nace de los problemas y no de la verificabilidad de hechos empíricos, cualquier pretensión de usarla como principio absoluto es contraproducente. El desarrollo de la ciencia es innegable y esencial, si la ciencia se estanca y deja de desarrollarse pierde el carácter racional y empírico propio del conocimiento científico; el eje central de la epistemología siempre ha sido el problema del conocimiento y la vía más adecuada para estudiar su aumento es estudiar directamente el del conocimiento científico. Resulta pertinente entonces anotar: el progreso científico no es acumulación de observaciones, sino un proceso constante de eliminación de teorías científicas y su reemplazo por otras más satisfactorias, en esto consiste el carácter permanentemente revolucionario de la ciencia. Esto implica que nuestros sentidos pueden informarnos acerca del mundo real debido a que la evolución nos dotó previamente de la habilidad de conocimiento innato, implícito en nuestro acervo genético, algo que Karl Popper señala al haber conjuntado el

12 *Ibid.* P. 26.

13 *Ibid.* P. 26-27.

14 *Cfr. Ibid.*

criticismo kantiano y la epistemología evolucionista: (a) El conocimiento que obtenemos, proporcionado mayormente a partir del estado momentáneo de nuestro medio, es *a posteriori*. (b) Este conocimiento *a posteriori* es imposible realizarlo sin poseer de antemano cierto conocimiento *a priori* que posibilite la adquisición de conocimiento observacional: sin el conocimiento *a priori* carecen por completo de sentido las cosas dictadas por nuestros sentidos. Es imprescindible la determinación de un marco universal de referencia, sin este será imposible establecer un contexto capaz de brindar sentido a toda observación realizada por nosotros. Y por último, (c) es preciso señalar la estructura espacio tiempo como aquello de lo que se constituye el conocimiento *a priori*, de este esquema resulta el ordenamiento espacio-temporal y la explicación de causalidad radicada en las relaciones causa-efecto.

La evolución científica no sucede de imprevisto, ni en un abrir y cerrar de ojos, sino gracias a esfuerzos científicos, al diseño de experimentos y la realización de observaciones con el fin de examinar las teorías, especialmente nuevas teorías. De esto que se precise como alternativa del inductivismo al falsacionismo, que no solo fungirá como criterio de demarcación, sino que a su vez será la metodología usada para poner a prueba teorías buscándoles falsadores potenciales y contribuir al avance de la ciencia.

I.IV. Teoría de los tres mundos

Esta teoría popperiana incorpora el modelo darwinista del conocimiento en cuanto resultado de ensayo y eliminación del error para producir conocimiento y explicar el avance de la ciencia. Consiste en el planteamiento de tres mundos que interactúan entre sí:

1. Mundo de los objetos físicos: Consiste en objetos animados e inanimados, visibles o no visibles y toda forma de energía física. Este mundo da existencia al siguiente y se divide en:
 - a) Mundo de objetos no vivos

b) Objetos biológicos

2. Mundo de la mente: Es el mundo de nuestros procesos mentales, conscientes o inconscientes donde suceden las experiencias subjetivas. Aquí se realizan estimaciones subjetivas a cerca de los objetos y son llevadas a cabo observaciones y experimentaciones. Este mundo puede ser subdividido en dos formas:

a) Experiencias conscientes (conciencia humana)

b) Sueños (conciencia animal)

3. Mundo de los productos de la mente humana: es el mundo de los problemas, teorías y argumentos y todos los productos de la mente humana, del conocimiento objetivo, aquí es donde se analizan los procesos mentales del mundo 2. Una vez que los objetos del mundo 1 han tomado credibilidad de su existencia debido a la interacción en el mundo 2, en el tercero los conceptos e ideas serán rectificadas y se convertirán en conocimiento. Este mundo puede causar alteraciones en el mundo 1 y 2. El mundo 3 es el más importante, aquí tiene lugar el razonamiento; los conceptos e ideas y su estructura generan grados de comprensión en el sujeto al interactuar con los objetos del mundo y entrar en contacto con los pensamientos de otros humanos. En medida que el hombre conjetura y refuta, contribuye al desarrollo científico; a través del mundo 3, está el único camino viable para tal propósito; el avance de la ciencia solo sucede en este mundo y la crítica es su medio de control para eliminar errores. Así, el mundo 3 es producto de la actividad humana como resultado de la evolución lingüística, está constituido por las ideas.

[...] el mundo del lenguaje, de las conjeturas, teorías y argumentos – en breve, el universo del conocimiento objetivo – es el más importante de esos universos creados por el hombre que al mismo tiempo son en gran medida autónomos... la autonomía del mundo tres y su retroalimentación sobre el [mundo dos e incluso sobre el mundo uno], se cuentan entre los hechos más importantes del aumento del

conocimiento¹⁵

La interacción de los mundos 1-2 es una teoría alternativa al dualismo cartesiano que está basada en un universo compuesto de dos sustancias esenciales: *res pensante* y *res extensa*. K. Popper rechaza esta postura esencialista, pero mantiene el punto de vista del sentido común afirmando que los estados mentales y físicos existen e interactúan. Así, el mundo 1 es la base para que el 2 exista, mientras que este último trata de controlar y regular el primero.

La autonomía parcial de las ideas a desarrollar, su mero proceso, es la base sobre la cual interactúan los objetos de los mundos 2 y 3. El desarrollo de las teorías científicas conlleva consecuencias inesperadas en las teorías expuestas, tales contradicciones son descubiertas gracias al mundo 2. Este proceso de aprendizaje conlleva a que el mundo 3 pueda transformar el mundo 2. En tanto somos humanos, podemos hacer uso de nuestras capacidades para pasar de uno a otro mundo y observar así cómo examinar las relaciones 1-2.

Muchos objetos que pertenecen al mundo 3 pertenecen igualmente al mundo 1, las pinturas y las estatuas son piedra, pintura, tela, a la vez que son creación de la mente del autor, incluso objetos únicos en el tercer mundo pueden tener diferentes formas en el mundo real (mundo 1). Hamlet está en el mundo 3 y se realiza físicamente en cada representación o la 9ª de Beethoven cuya forma física corresponde a los manuscritos, discos, reimpressiones, cintas, representaciones/interpretaciones y memorizaciones de los músicos. Los objetos del mundo 3 son abstractos, sus realizaciones son objetos concretos, y se encuentran separados de ellas como contenido, a través de las experiencias subjetivas o conocimiento de los humanos que las realizan.

Esta interacción entre mundos atiende a la existencia del mundo y es prueba de existencia del mismo. En tanto tal relación se lleve a cabo en el individuo, lo tangible hace patente su existencia, y al manifestarse en el mundo

¹⁵ POPPER, K. *El universo abierto*. P. 116–117

3, constituye también la del mundo 1. Sobre la relación cuerpo–mente no es posible “negar que los estados mentales guardan generalmente estrecha relación con los estados del cuerpo, en especial los estados fisiológicos, mientras que los estados de la mente resultan producto de la evolución de la vida, y que poco es lo que puede ganarse vinculándolos a la física más bien que a la biología”¹⁶. Para analizar la relación cuerpo–mente “el problema... se divide en, al menos, dos problemas bastante distintos: el problema de la muy estrecha relación entre los estados fisiológicos y ciertos estados de conciencia, y el problema muy diferente de la emergencia del yo y su relación con su cuerpo”¹⁷.

Los objetos abstractos, en tanto descripciones, existentes sin el mundo tres o fuera de él, solo son producidos y encontrados en el mundo de la mente, pero cuando son realizados se tornan completamente autónomos y reales. Una obra humana puede ser comunicada y entendida al paso de cientos de años, no obstante fuese preservada como objeto del mundo 1 solo pocos años, también podrá ser copiado dentro de un objeto diferente aunque perteneciente al mismo mundo. El mundo 3 es ontológicamente autónomo y de contenidos intelectuales abstractos, el mundo 1 auxiliará en su preservación y el mundo 2 a su decodificación, mas su contenido no pertenece a ellos, pues las abstracciones no son experiencia subjetiva ni materia física.

No obstante sean pensamientos abstractos, las teorías como cualquier otro producto de la mente, tienen efectos reales que impactan sobre el primer mundo; incluso las refutaciones científicas y las teorías falsas o provisionales son objetos reales capaces de interrelacionarse lógicamente con otros objetos reales.

El hombre, puede decir no solamente cosas ciertas, sino también cosas falsas. Y, claro está, esas cosas falsas no son por lo general mentiras, sino simples errores. En cualquier caso, esta posibilidad de decir cosas falsas hace aflorar todo el problema de la búsqueda de la verdad y de la crítica...Aspecto fundamental para todo lo que

¹⁶ POPPER, K. *Búsqueda sin término*. P. 251

¹⁷ *Ibid.* P. 256

constituye el mundo tres; un aspecto, desde luego, definitivamente humano¹⁸.

El único contenido de mundo 3 del que tenemos conocimiento es el humano, la única forma, hasta ahora, en que existiera otro sería a través de la existencia de otra especie inteligente en el universo, lo que posiblemente llevaría a otros mundos junto a otros problemas intelectuales, teorías y formas argumentativas¹⁹. De la misma forma, podemos imaginar la existencia de otros seres en el universo (cuerpos, mundo1), incluso inteligencias (mente, mundo 2), podemos considerar la posibilidad de la existencia de otro conjunto de problemas, teorías y argumentos descubiertos y desarrollados por ellos (objetos del mundo 3). El universo es como una gran fábrica de contenidos del mundo 3 provenientes de múltiples mentes.

Al final, el conocimiento nos rodea (1), se vuelve parte de nosotros (2) y es almacenado en contenidos sistematizados temáticos, contextuales, históricos, objetos de mundo 3. Así pues, podemos hablar de dos niveles de conocimiento:

1. Conocimiento en sentido subjetivo, consistente en un estado mental con disposición a ser poseído o conocido.
2. Conocimiento en sentido objetivo, consistente de la expresión de problemas, teorías y argumentos.

Siendo el primero personal, y el segundo por completo independiente de los individuos, quienes no le poseen.

I.V. El realismo en K.R. Popper

Los realistas científicos aceptan que las afirmaciones hechas por nuestras teorías actuales son típicamente verdaderas, o al menos aproximadamente

¹⁸ *Ibid.* P. 133

¹⁹ Cfr. POPPER, K. *Realismo y el objetivo de la ciencia.*

verdaderas. En parte, la polarización proviene del reconocimiento que incluso nuestras mejores teorías son, aunque en diferentes grados, precisas cuando se trata de la producción de predicciones.

Karl Popper abogó persistente, clara y abiertamente a favor de la tesis que la realidad material está gobernada por leyes naturales y que existe una no-dependencia de la misma respecto a la actividad cognitiva de las personas. También consideró que existe la posibilidad de conocimiento efectivo de la realidad en las teorías científicas, acercándonos a la realidad material, revelando cada vez más profundamente las estructuras que la componen, aun a pesar que nunca obtengamos la verdad completa, en tanto no podemos hacer nada para saber cuándo realmente nos acercamos a la verdad. El realismo de Popper también incluye en su defensa la teoría de correspondencia de la verdad; así, si un enunciado para ser verdadero ha de ser consistente con la realidad. Para K. Popper, las suposiciones y teorías científicas exitosas al menos corresponden parcialmente con la realidad, son más o menos similares a la realidad.

Sin embargo, Popper es consciente de la naturaleza metafísica de su realismo, de hecho, con mucha más frecuencia habla de metafísica y muy raramente de ciencia. Esto parece a primera vista inusual, porque Popper es uno de los críticos más agudos de la metafísica, él siempre abogó por una diferencia fundamental entre teorías metafísicas y científicas, y criticó la confusión acrítica de ciencia y metafísica, aun cuando al mismo tiempo enfatizó la necesidad de la metafísica como una ayuda heurística, es decir, como el punto de partida para la creación de muchas teorías científicas importantes.

A diferencia de los neopositivistas, Popper nunca consideró la metafísica como un sin sentido, más bien, es un campo de suposiciones y teorías irrefutables, por lo tanto, sin fundamento científico. La metafísica no es un sinsentido, sino un sentido no científico. Metafísicas son todas aquellas teorías y puntos de vista que, sin importar cuán significativos sean para la ciencia

misma, no se pueden falsar²⁰. El progreso de las ciencias empíricas consiste en la formación de teorías verosímiles pero falsables, que serían capaces de resistir intentos cada vez más difíciles y más agudos de refutación con la ayuda de medidas detalladas, observaciones y experimentos clave. Así, una mezcla acrítica de preposiciones metafísicas y científicas solo llevaría a supuestos que detendrían la posibilidad de la prueba empírica de hipótesis y la crítica racional de teorías, amenazando el desarrollo de la ciencia. La metafísica puede incluso ser una herramienta científicamente útil en tanto solamente inspire o fomente algún proyecto científico útil. En este contexto, Popper incluso habla de "programas racionales de investigación metafísica"²¹, lo cual nos habla del papel parcialmente positivo de las teorías metafísicas en la ciencia.

Popper defiende con vehemencia el realismo, a pesar de que es imposible convertirlo en una teoría empíricamente verificable o refutable. Es decir, el realismo físico no es la fuente de ninguna hipótesis o teoría científica importante; es cierto que no existen teorías científicas que no podrían haber sido creadas sin su ayuda, mismo caso aplicable a las posturas contrarias al realismo. La respuesta radica en la utilidad del realismo, éste apoya indirectamente el progreso de la ciencia y, por lo tanto, constituiría un proyecto de investigación metafísica racional.

El realismo no es necesario para la falsación metodológica de la ciencia que propone K. Popper, y aunque en *La lógica de la investigación científica* no lo menciona como tal, sí menciona que cree en el realismo metafísico²² y le da el papel de "una especie de trasfondo que da el significado a nuestra búsqueda de la verdad"²³. De igual manera, en ninguna encontramos explícitamente compromisos con el idealismo, o con puntos de vista empiristas o positivistas que aclaren el punto de vista epistemológico de cada teoría. El realismo es implícito.

²⁰ Cfr. POPPER, K. *Conocimiento objetivo*.

²¹ POPPER, K. *The Self and Its Brain: An Argument for Interactionism*. P. 105

²² Cfr. POPPER, K. *Conocimiento objetivo*.

²³ POPPER, K. *La sociedad abierta y sus enemigos*. P. 83

A partir de ahí, K. Popper se vuelve cada vez más decidido en su defensa del realismo, especialmente en *Conocimiento objetivo* y en *Realismo y el Objetivo de la ciencia*, donde afirma que el realismo no es un objeto del falsacionismo, sino más bien su trasfondo implícito. Es decir, su afirmación parece poco realista en tanto reitera que somos incapaces de verificar o justificar tanto los supuestos universales como los básicos, los supuestos de alguna ciencia, así como la afirmación que la teoría es incapaz de justificar la verdad de los fundamentos que la soportan. En su metodología, Popper está de acuerdo con alguna especie de esencialismo *modificado*, con la idea de que muchas cosas aún nos están ocultas y todavía tenemos que descubrirlas, pero rechaza la posibilidad del último objetivo, explicaciones que estarían basadas en la esencia de las cosas y por ello no requerirían más explicaciones.

Conectar el deseo del hombre por explicaciones generales y profundas con la finalidad del progreso científico parece ser la meta de Popper. Esta aspiración es no instrumentalista²⁴, porque conduce al descubrimiento de propiedades más fundamentales de la materia y la conexión de fenómenos aparentemente no relacionados.

Es suficiente que de las teorías más antiguas puedan derivarse las más nuevas con el requisito que éstas deban contener todas las explicaciones y predicciones exitosas de sus predecesoras. Eso sería aceptable para el instrumentista que podría admitir una teoría más nueva, pero no significaría para él acercar la teoría a la estructura de la realidad, solo sería una señal del éxito de la teoría más reciente. Desde este punto podemos encontrar que:

- a) Popper puede estar más cerca del instrumentalismo que del realismo, pese a que trata de conciliar falsacionismo y realismo integrando el primero como una herramienta en el segundo.
- b) En el origen de la constitución del falsacionismo subyace el realismo metafísico, porque no hay forma de comprobar que el realismo es una

²⁴ Instrumentalismo: Visión de que los conceptos y las teorías son meros instrumentos útiles cuyo valor se mide no porque sean verdaderos o falsos, o representan correctamente la realidad, sino por su eficacia para explicar y predecir fenómenos.

teoría científica, aun cuando la verosimilitud en las teorías sirve como prueba para demostrar que la realidad existe.

Para Popper, el realismo representa una base heurística más que teórica para el falsacionismo, mas, al mismo tiempo, enfatizó que el realismo nos da la mejor explicación posible del progreso científico, es decir, progresar en la profundidad y adecuación de la explicación y en acercarse a la verdad. En este sentido, Popper admite la posibilidad, inclusive la necesidad, de argumentos racionales para el realismo²⁵. Él está al tanto, al mismo tiempo, que no hay un argumento último y final, así como no lo hay para las teorías idealistas o los productos de ellas. A pesar de esto, estos argumentos nos dan hasta cierto punto una base razonable para aceptar el realismo como idea reguladora en las ciencias. Popper es consciente de que el realismo es imposible de probar o refutar científicamente. Todo intento de probar lógicamente el realismo científico lo presupone de algún modo, y también, cualquier intento de refutarlo científicamente supone cierto antirrealismo. Ésta es precisamente la razón por la que Popper se sostiene mayoritariamente sobre argumentos negativos, sus argumentos positivos son raros. Por ejemplo, decididamente rechaza la llamada teoría de “*el espíritu es un balde*”, la cual propone: nuestro espíritu es similar a un cubo abierto que se llena lentamente con material nuevo de datos confidenciales que posteriormente se procesan y depositan en su fondo²⁶. El *milagro de la ciencia* es el argumento positivo más fuerte por su increíble éxito al explicar prediciendo fenómenos y aplicando teorías²⁷, pero sería un error postular que el realismo nos permite obtener un conocimiento fidedigno de la realidad, Popper afirmará: el hecho de que la realidad no depende de nuestro conocimiento y conciencia habla a favor del hecho de que nunca podemos conocerla en su totalidad y de manera completamente confiable. Cuanto más podemos esperar es conocimiento hipotético, es decir, hipótesis inciertas que

²⁵ Cfr. *Ibíd.*

²⁶ Cfr. POPPER, K. *Conocimiento objetivo.*

²⁷ POPPER, K. *La sociedad abierta y sus enemigos.*P.102

con el tiempo y posteriores evaluaciones pueden colapsar bajo la carga de nuevos conocimientos²⁸.

Para Popper el desarrollo de la ciencia nos proporciona varios ejemplos excelentes de que cada vez son mejores las explicaciones científicas. Así, la explicación de Newton sobre el movimiento de los planetas es mejor que la de Galileo y que la descripción de Kepler del movimiento mecánico de los planetas. La razón de esto es que Newton logró combinar algunas descripciones y resultados positivos y empíricamente respaldados de ambas teorías, y que al mismo tiempo excluyen algunos de sus resultados falsos (consecuencias lógicas). Con eso logró analizar y predecir algunos fenómenos en los que Galileo y Kepler ni siquiera pensaron. Ese hecho también indica la profundización de los análisis de Newton en comparación con los de Galileo y de Kepler sobre los movimientos planetarios. Encontramos una mejora y profundización similar de las explicaciones científicas, por ejemplo, en la teoría especial de la relatividad de Einstein; si la comparamos con las teorías clásicas de la física, vemos que esta teoría introdujo explicaciones mucho más profundas sobre numerosos fenómenos físicos. En esos casos la nueva teoría resumía todos los análisis exitosos y predicciones de teorías previas, además, la nueva teoría logró explicar o predecir algún fenómeno que su predecesora no fue capaz de enfrentar. Así, la teoría T2 analiza ciertos fenómenos mejor o más profundamente que T1 cuando:

- T2 logra, mediante ciertos enunciados y condiciones al margen, analizar deductivamente todos aquellos fenómenos que fueron analizados con éxito por T1
- T2 logra, deductivamente, analizar al menos algunos de los fenómenos que T1 no logró explicar, idear y/o predecir, o los explicó de manera incompleta
- T2 logra, deductivamente, explicar y/o predecir al menos algunos de los fenómenos que T1 no logró explicar ni prever ²⁹

²⁸ Cfr. *Ibid.*

Popper estaría de acuerdo con que la explicación científica es la deducción de un *explanandum* (explicación) a partir del *explanans* (premisa). Al mismo tiempo, la explicación consiste en declaraciones de las llamadas condiciones marginales, es decir, de enunciados que posibilitan el uso de determinados enunciados apropiados a la situación discutida en el *explanandum*.³⁰

La explicación debe ser verosímil, es decir, no haber sido falsada. Esto significa que la explicación debe tener evidencia que la sustente, y no depender de lo que explicamos (de lo contrario, la explicación se vuelve circular). Esta independencia, según Popper, se basa en el rigor y en la medida de los intentos de refutar (rechazar) una teoría o hipótesis, y no en la multitud de afirmaciones positivas que confirman la verdad de las premisas de la explicación.³¹

Por lo tanto, para evitar explicaciones *ad hoc* y circulares, es necesario que cada explicación tenga un conjunto de consecuencias sujetas a falsación y que difieren del *explanandum*, lo que para Popper significa que al menos una premisa es un enunciado general que expresa alguna ley natural. Tal declaración tiene un contenido extenso y permite, en cualquier momento y en cualquier lugar (siempre y en todas partes), verificar un desarrollo que no depende del *explanandum*, así “los elementos de la explicación son más generales, más detallados y cuanto más empíricas, mejores son las explicaciones científicas”³².

Asumiendo la independencia de la realidad respecto a nuestras mentes, K. Popper presupone que es posible explicar racionalmente la mejora y

²⁹ Cfr. POPPER, K. *Conjeturas y Refutaciones*.

³⁰ Para K. Popper, científico es solo lo que se puede presentar como una conclusión lógica derivada de determinadas premisas. En primer lugar, rechazó las explicaciones inductivas o inductivo-estadísticas

³¹ Para K. Popper las teorías son colecciones. hipótesis principales a partir de las cuales podemos derivar lógicamente otras hipótesis. Cada teoría es esencialmente una hipótesis extensa, siempre está abierta a la posibilidad de rechazo, de ninguna manera es “más dura” que sus componentes. Por lo tanto, Popper rechaza la noción tradicional según la cual las teorías se conforman por hipótesis. tesis, algún tipo de conocimiento confiable, mientras que las hipótesis son conocimiento potencial, accidental, como una forma de juegos de azar.

³² POPPER, K. *La sociedad abierta y sus enemigos*.P. 134

profundización de la explicación científica³³, sin embargo, esto no es suficiente para probar el realismo, aunque debemos asumir que con el desarrollo de la ciencia las personas están cognitivamente más cerca de la estructura objetiva de la realidad. En ese camino, cada nuevo nivel de mejora, es decir, de profundización de las explicaciones científicas, debe ser adecuada al nuevo nivel de aproximación de estructura proyectiva de la realidad. Aunque de esta forma conseguimos explicaciones cada vez más generales y a la vez más detalladas, no podemos esperar alcanzar alguna vez construir una teoría científica sobre la realidad. A la manera de Kant, no podemos conocer las esencias, pero sí podemos alcanzar una constante profundización en el conocimiento de las leyes naturales que determinan la estructura básica de la realidad. Respecto a las leyes naturales, solo podemos suponer que sean válidas, pero nunca establecidas del todo. Nos acercamos lo más posible a explicaciones más precisas y generales. Popper es partidario de la teoría de la correspondencia de la verdad, como correspondencia entre el enunciado y la realidad descrita por el enunciado. De esto se podría concluir que el progreso en el acercamiento a la verdad de las teorías científicas resulta del progreso en las explicaciones científicas, y todo junto nos acerca a la realidad.

La teoría de la correspondencia de la verdad es un apoyo importante para la metafísica subyacente al realismo, porque podemos aprender algo sobre la realidad que existe independientemente de nuestra conciencia solo asumiendo la posibilidad de conformidad intelectual, es decir, la posibilidad de correspondencia entre nuestras estructuras cognitivas y las estructuras objetivas de la realidad. En ese caso, podríamos afirmar que el realismo metafísico es la afirmación de que existe una realidad objetiva, independiente de nuestra conciencia que, sin embargo, podemos conocer. Podríamos decir que el realismo cree que al argumentar que hay progreso en la ciencia, ello demuestra que nuestra teoría se acerca a la verdad absoluta más que su predecesora, aunque jamás a esa verdad. Popper trató de establecer esta

³³

Ibid. P. 145

conexión a través del concepto de “similitud con la verdad”. Cuanto más una teoría es parecida a esa idea, más cercana a la verdad, cuanto más verdades emergen de la primera teoría que de la segunda, es decir, cuando la primera teoría no resulta en más afirmaciones erróneas que la segunda, la primera teoría tiene más *contenido de verdad* y menos *contenido de falsedad* y será la que entrará en uso. Para ello, ambas teorías deben ser comparables, es decir, deben responder las mismas preguntas relevantes en el mismo grado de aproximación. El inconveniente en este trato a las teorías es que aunque solo intuitiva, tal definición del término *similitud* lo que describe es únicamente una idea básica, abriendo espacio al menos a dos problemas:

- a) No está claro cómo aumenta esto el poder explicativo de una teoría en relación con otra y cómo aquella está más aproximada a lo cierto.
- b) Incluso si suponemos que podemos probar esta conexión: ¿podemos establecer la forma en que es mayor?, ¿el poder explicativo de la teoría indica racionalmente un acercamiento a la realidad, es decir, a la absoluta verdad?

En su explicación, las teorías se toman como conjuntos de oraciones cerradas bajo deducción. El contenido de verdad de una teoría A es la intersección entre A y T, es decir, $A \cap T$, donde T es el conjunto de todas las oraciones verdaderas. Sobre la base de esta noción, define el aumento de la verosimilitud así: una teoría B es más veraz que una teoría A sí y solo si se cumple una de las dos condiciones siguientes (donde F es el conjunto de oraciones falsas):

- (C1) $A \cap T \subseteq B \cap T$ y $B \cap F \subset A \cap F$
- (C2) $A \cap T \subset B \cap T$ y $B \cap F \subseteq A \cap F$

La relación de relativa proximidad a la verdad es una relación de semejanza, de cercanía de la verdad de una teoría en relación con otra, no es una relación de proximidad a la verdad absoluta, y el problema es que no existe un criterio

objetivo de similitud relativa con la verdad, aun cuando Popper busca un punto de referencia que pudiera, por ejemplo, medir la superioridad de un teoría en relación con alguna otra teoría y en relación con la relativa similitud con la verdad³⁴.

Si una teoría sobrevive con éxito a las pruebas más duras de posible rechazo, sería una demostración del hecho que está más cerca de la verdad que cualquier otra teoría. Popper no da más detalles sobre esto porque eso lo acercaría al inductivismo; si, por ejemplo, él afirmara que la fundamentación de una teoría en relación con otra teoría se apoya objetivamente o incluso implica una mayor similitud con la verdad de la primera teoría en comparación con la segunda, lo llevaría a inducir la conclusión positiva de que los éxitos futuros de la ciencia se basan en éxitos anteriores. "[...] una de las teorías propuestas lo hace más cercano a la verdad, a la luz de la discusión"³⁵, pero eso no es suficiente para apoyar realismo.

Tenemos, por ejemplo, el enunciado E que resulta de la hipótesis H1 y que encontramos que no es cierto. Sea H2 nuestra nueva hipótesis que asumirá todas las verdades establecidas, consecuencias de H1, y al mismo tiempo mantiene a no-E como una de sus consecuencias lógicas. Además, H2 permitirá algunas predicciones no verificadas previamente. El contenido falso de H2 no se encuentra en el contenido falso de H1; pero no es seguro que el contenido verdadero de H1 sea encontrado en el contenido de H2. Para probarlo habría que comprobar toda la evidencia científica, las verdaderas consecuencias de H1 (todas ellas deberían estar contenidas en el verdadero contenido de H2), aunque H1 también podría encontrarse predicciones verdaderas hasta ahora no verificadas que no se derivan lógicamente de H2.

De ello se deduce que H1 podría ser explicativamente más fuerte que H2, es decir, la primera teoría está mejor sustentada que otras. Esto sería seguido por un paso en apariencia convincente para argumentar a favor

³⁴ Cfr. POPPER, K. *Conocimiento objetivo*.
³⁵ *Ibid.* P. 103

realismo: dado que la primera teoría está mejor sustentada que la segunda, concluiremos que la primera teoría es una teoría más parecida a la verdad que la otra teoría. Si a eso le sumamos la conexión entre mayor similitud con la verdad y mayor cercanía a la realidad, obtenemos un argumento a favor del realismo. Hemos de tener en cuenta la posibilidad de que alguna teoría hasta ahora muy exitosa, que, con su poder de razonamiento, supera a todos sus rivales, contiene a cierta profundidad una falacia aún no descubierta. Los delirios también pueden ser parte de nuevas teorías que recién se están desarrollando.

Es comprensible que Popper solo pueda dar algunos argumentos relativamente frágiles a favor del realismo, pero menciona varios rasgos del progreso en ciencias que podrían señalar el acercamiento cada vez mayor de las teorías a la realidad objetiva³⁶. También advierte sobre la presencia del realismo en la comprensión cotidiana del mundo (todas las ciencias derivan del entendimiento cotidiano, aunque lo critiquen) y del hecho de que el lenguaje permite la descripción de hechos, que el discurso es sobre algo, sobre el estado de las cosas. Por ejemplo, tenemos ahora computadoras capaces de registrar los fenómenos del universo, esto significa que las computadoras y los dispositivos de observación reemplazan la adquisición de datos a través de nuestros sentidos y cerebro.³⁷ Para Popper, esto evidencia que los datos y descubrimientos astronómicos se refieren a objetos y hechos reales que existen de forma independiente de nuestros sentidos y conciencia³⁸.

Sin embargo, esta conclusión tiende a ser cuestionable, en tanto el estatus epistemológico de los cálculos que realizan las computadoras depende del estado epistemológico de los humanos que fabricaron y ajustaron los instrumentos. En ambos casos, se trata de cálculos que solo establecen una transición desde ciertos datos observados, digamos así, hacia nuevos datos. En la existencia de un objeto mostrado por una computadora, tales datos deben ser

³⁶ Cfr. *Ibíd.*

³⁷ Este argumento fue esgrimido por Winston Churchill

³⁸ Cfr. *Ibíd.*

observados por un hombre, es decir, por un sujeto cognoscente. Así concluimos acerca de la existencia misma del objeto solo con la ayuda de la teoría. Otro ejemplo apunta: un análisis informático de los datos que recibimos de los experimentos en aceleradores de partículas (análisis de trazas obtenidas por cámaras de ionización) nos lleva a suponer que hay algunas micropartículas nuevas, o nos ayuda para confirmar la suposición previamente establecida sobre su existencia. A pesar de eso, no podemos afirmar que la automatización del análisis informático de datos y procesos en el acelerador, que en su mayoría se llevan a cabo sin la participación directa de las personas en el proceso, por sí mismas garantizan la existencia de tales partículas "percibidas". Concluimos sobre esto basándonos en los datos; tales conclusiones por regla general son de carácter estadístico, es decir, tienen la condición de hipótesis teóricas y no de hechos establecidos.

La teoría semántica de la verdad de Tarski suele ser el punto de partida para K. Popper, en tanto guarda correspondencia con la teoría clásica de la verdad, que afirma que la verdad de un enunciado reside en que está "de acuerdo" con la realidad, es decir, que los hechos descritos en el enunciado existen realmente.³⁹ Dicha teoría no implica necesariamente ninguna de las tradicionales teorías de la verdad (correspondencia, coherencia, pragmática, etc.), aunque Tarski a veces declaró que su teoría es la más cercana a la teoría de la correspondencia y Popper consideraba la teoría de la correspondencia de la verdad como uno de los supuestos fundamentales de su teoría de la ciencia.

En virtud de lo anterior Popper criticó las teorías antirrealistas, especialmente el sensualismo empírico y el instrumentalismo, los refutó desde el punto de vista del realismo, así como desde la crítica al inductivismo y del verificacionismo. Todas las formas de sensualismo, idealismo empírico, instrumentalismo y similares se basan en suposiciones. Las teorías antirrealistas, a saber, afirman que todo conocimiento es una creencia verdadera justificada, y la creencia es siempre creencia solamente de un

³⁹ POPPER, K. *Is it true what she says About Tarski?* P. 318-340

determinado sujeto, que es por lo tanto también el portador de creencias. Popper llama a esta tesis una “teoría del conocimiento subjetivo”, con la cual no concuerda.

La crítica de Popper al idealismo se resume en el rechazo de esa tesis. El conocimiento científico es objetivo y está contenido en las expresiones materiales del enunciado, libros, ordenadores, fotografías, películas, etc., así como en su significado. Ciertamente es que las personas son las que plantean problemas y construcciones teóricas, pero el contenido de éstos aunque viva en sus autores y todos los que tratan con ellos, es información de un objeto independiente. Por lo tanto, el conocimiento científico requiere su propio *tercer mundo*, junto con el *primer mundo* existente de los objetos materiales y las relaciones entre ellos, y *otro mundo* de experiencias mentales y disposiciones humanas para la acción. El primero es el mundo primario, la base para el surgimiento de otro mundo (la espiritualidad necesita un cuerpo, aunque para Popper, no puede reducirse a meros procesos corporales, sino que también tiene sus propios procesos), mientras que el segundo mundo es la base para el surgimiento del tercer mundo; este último tiene su propia objetividad. Además, el tercer mundo puede corresponder a otro mundo (mediante la apropiación subjetiva del conocimiento científico en el proceso de sus enseñanzas), por ejemplo, al primer mundo, con la ayuda de la aplicación técnica de los hallazgos científicos⁴⁰.

La existencia del mundo 1 no requiere un sujeto de conocimiento, ni sus creencias más o menos subjetivas, solo requiere interacciones y relaciones mutuas en el tercer mundo. Si aceptamos esa idea, obtenemos la crítica de todas las formas de idealismo subjetivo (empirista), sensualismo e instrumentalismo. Para probar esa idea, necesitaríamos, entre otras cosas, una suposición del realismo científico (la existencia de la realidad física, que no depende de la conciencia).

⁴⁰ Cfr. *Ibíd.*

Popper rechaza ante todo el idealismo objetivo, por el carácter esencialista y el proceso de construcción de universales que conlleva. La teoría de Popper sobre el tercer mundo presupone el realismo, pero no parece ser el principal argumento a favor del mismo. Las críticas de Popper al antirrealismo están fundadas en ideas que no pueden probarse. Así es como nos encontramos de nuevo al principio: el realismo es una suposición indemostrable que solo puede ser una metáfora de ciencia o idea reguladora y nada más.

CAPÍTULO II. LA FÍSICA CUÁNTICA Y SUS INTERPRETACIONES

II.1. El experimento de las dos ranuras

El experimento de la doble rendija es un experimento de óptica que demuestra que las pequeñas partículas de materia se comportan a la vez como una especie de ondas, sugiere que el mero acto de observar una partícula tiene un efecto paradójico en su comportamiento.

Niels Bohr propuso la idea de la dualidad onda-partícula para explicar los resultados del experimento de la doble rendija. Todas las partículas fundamentales se comporten en algunos aspectos como ondas y en otros como partículas, dependiendo de las propiedades que se observen. Estos conocimientos llevaron al desarrollo de la teoría cuántica, la base actual detrás del modelo estándar de la física, que es nuestra comprensión más precisa de cómo funciona la realidad.

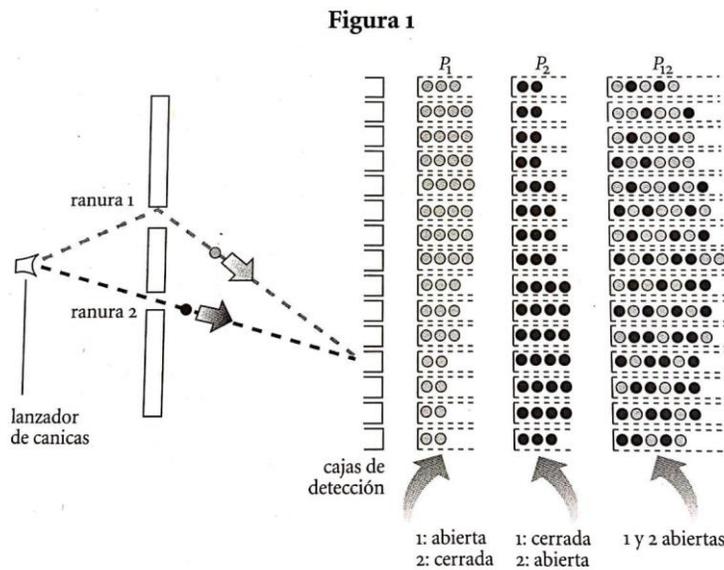
Para entender el experimento de la doble rendija es útil entender las distinciones entre onda y partícula, que hacen que tal dualidad sea problemática. La física clásica distingue dos clases de objetos, argumenta E. Klein, en cierto punto opuestos entre sí: a) corpúsculos, entidades puntiformes localizadas en una zona muy restringida del espacio, describen trayectorias definidas a lo largo de las cuales su posición y velocidad están asimismo perfectamente determinadas en todo momento; y b) ondas, transmisores de energía e información, 'no transportadoras', carecen de localización precisa, y ocupan si no todo espacio sí cierta extensión, no tienen mayor trayectoria que la de una marejada, no van hacia delante o hacia atrás, sino solo arriba y abajo, abajo y arriba, simas y crestas que se desplazan dando esa impresión de avance.⁴¹

A diferencia de las partículas, las ondas tienen la capacidad de superponerse siempre que su naturaleza física sea la misma, dando resultados

⁴¹ Cfr. DIEGUEZ, A. *Realismo científico*.

físicos perfectamente definidos producto de las adiciones de las amplitudes; por contra, todo corpúsculo es incapaz de superponerse. De cada fenómeno corresponde preguntarse: ¿es ondulatorio o corpuscular?, ¿qué pasa con la luz?, ¿es ésta un cuerpo específico o el movimiento específico de un cuerpo?⁴²

Imaginemos un lanzador mecánico de pelotas colocado a una distancia (D), disparando hacia un muro con dos aberturas paralelas equidistantes, todas las pelotas son lanzadas a la misma velocidad pero en direcciones aleatorias, tras ese muro hay cajas contiguas que colectan las pelotas que han pasado por las ranuras. Tras lanzar un número de N esferas y contar la cantidad depositada en cada caja, obtendremos un muestrario indicador de la probabilidad de llegada de las pelotas con respecto a la posición de cada caja. El número total de pelotas en cada caja específica es igual a la suma de las que pasaron por la ranura 1, más las de la ranura 2 y la probabilidad P_{12} de una esfera de terminar en una caja determinada teniendo ambas ranuras abiertas es de 50%.



FUENTE: T. Hey y P. Walters, *The Quantum Universe*, Cambridge University Press.

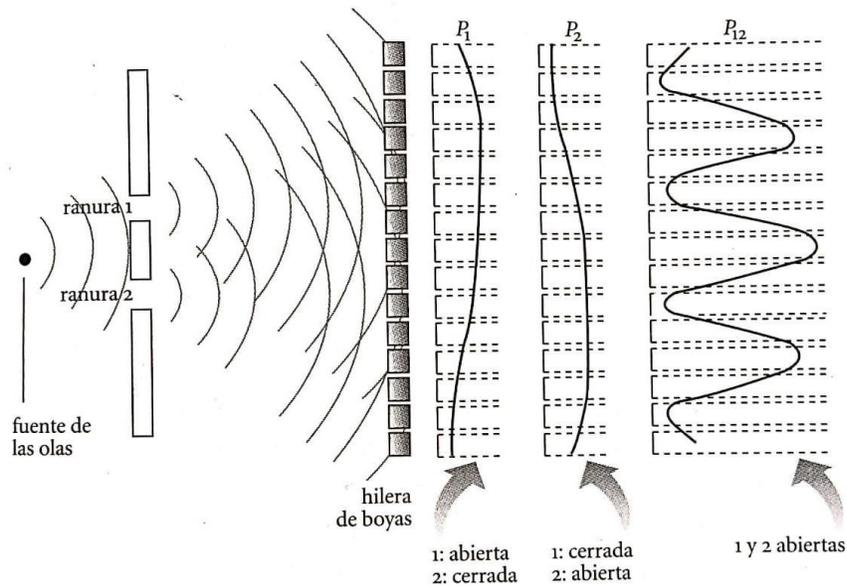
⁴² Cfr. KLEIN, É. *La física cuántica*.

Ahora imaginemos que estamos a la orilla de una piscina. Hay un muro con dos ranuras (S_1 y S_2) y detrás de él un muro de boyas. Frente al muro con las dos ranuras hay un proyector que lanza un haz de luz que atraviesa las dos ranuras y se impacta finalmente sobre el muro de boyas. ¿Qué patrón se dibuja en este último? El patrón gráfico es el de dos montañas, donde las crestas implican los puntos de impresión y los valles implican lugares vacíos. Lo que hay que tener en cuenta aquí es: si cerramos S_2 y disparamos una luz, solo aparece una línea. Por lo tanto, podemos decir con seguridad que S es igual a la suma de S_1 y S_2 , es decir, $S = S_1 + S_2$.

La impresión aparece como haces de fotones disparados a través de dos rendijas. ¿Cuál patrón surgirá? ¿Similar al de dos pelotas? La luz consiste en partículas similares a balas, por lo tanto, no es erróneo pretender que el patrón será el mismo. Sin embargo, para sorpresa de todos, la impresión no es la de dos líneas rectas. El patrón gráfico que surge es un patrón de interferencia, hay una impresión más brillante en el centro y retrocede en ambos lados. Un patrón de interferencia solo se forma cuando dos ondas interfieren entre sí, no hay otra explicación posible para ello. El patrón muestra que la luz se mueve en ondas.

Las ondas de las dos rendijas chocan entre sí. Hay una formación peculiar que se desarrolla cuando chocan dos ondas. Una ola tiene una cresta, la parte de arriba, y un valle, la parte de abajo. Cuando la cresta de una onda choca con la cresta de otra, se suman y forman una interferencia constructiva, que se ve como un punto brillante en el proyector. Cuando la cresta de una ola y el valle de otra chocan, se anulan entre sí y forman un patrón destructivo, que da como resultado manchas oscuras entre las impresiones en el proyector.

Figura 2



FUENTE: T. Hey y P. Walters, *The Quantum Universe*, *ibid.*

Se cierra la segunda rendija y se vuelve a realizar el experimento. Ahora, con una rendija para moverse, los fotones forman una línea recta. Aquí S no es igual a la suma de S_1 y S_2 . Así se nos muestra la dualidad onda-partícula de la luz.

“[...] de manera manifiesta, en el comportamiento del electrón existe un aspecto que depende del registro ondulatorio”⁴³. Similar a como podemos decir que la altura de la onda es la suma de las ondas provenientes de la ranura, es el caso de los electrones, al menos antes de poder localizarlos como impactos: son asociados con una onda y el equivalente para ellos de altura de una ola es la amplitud de probabilidad explicada mediante el formalismo del esquema ondulatorio, “una amplitud de probabilidad no es sino un número complejo, cuyo valor es la función de las coordenadas del espacio y de tiempo, de la misma manera en que la altura de una ola depende de la posición y el tiempo”⁴⁴.

⁴³ *Ibid.*P. 32

⁴⁴ *Ibid.*P. 33

La amplitud de probabilidad correspondiente al caso donde solo la ranura 1 está abierta es a_1 , representación simbólica de la partícula que cruza por dicho punto y cuyo cálculo es posible a partir de la configuración del experimento. Formulemos la hipótesis: la probabilidad P_1 de que un electrón aparezca en el punto M de un monitor es dada por el módulo al cuadrado de a_1 , calculada en el punto M . De igual forma, para el caso donde solo la ranura 2 está abierta planteamos la probabilidad P_2 para un punto M tal que: $P_1 = |a_1|^2$ y $P_2 = |a_2|^2$.

Con ambas ranuras abiertas, en vez de agregar probabilidades correspondientes a cada trayecto posible, corresponde agregar amplitudes de probabilidades; así, la probabilidad P_{12} de que un electrón impacte en un punto M es: $P_{12} = |a_1 + a_2|^2$.

$P_{12} \neq P_1 + P_2$ son valores obtenidos como resultado de las mediciones con ranuras abiertas alternadamente; particularmente cuando los puntos donde a_1 y a_2 resultan opuestos se manifiesta una nula probabilidad de impacto de los electrones en tal punto, las franjas negras del experimento. Las franjas negras equivalen a la suma de sima y cresta en el ejemplo de la ola, los términos cruzados que para el desarrollo de $|a_1 + a_2|^2$ explican las interferencias reales que neutralizan la suma de las parcialidades, mostrando a través de conjetura y refutación una forma de descripción que explica, en términos probabilísticos, que los electrones en grandes cantidades tienen capacidad de producir interferencias.

Esta revelación cambió nuestra forma de pensar sobre la luz, pero la madriguera del conejo no termina ahí, las cosas se vuelven más extrañas cuando iteramos más el experimento. Ahora, en lugar de hacer parpadear un

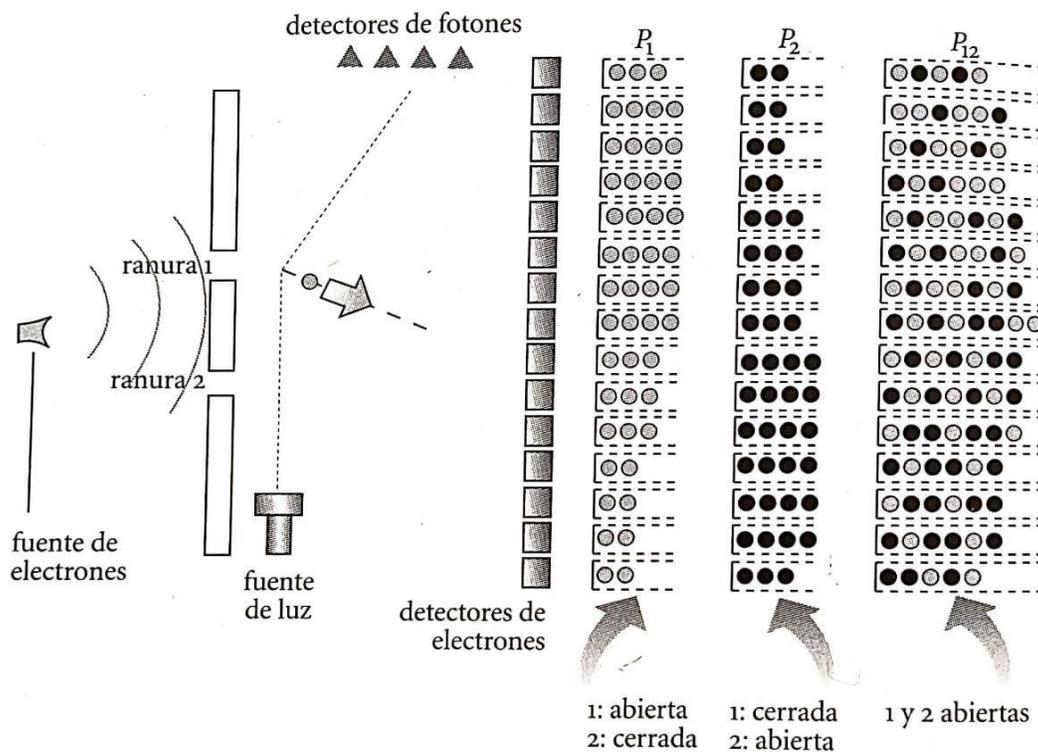
montón de fotones juntos, solo se disparan fotones individuales a través de las rendijas a intervalos regulares. Dado que es un solo fotón y no tiene otra onda con la que interactuar, podemos decir que el fotón hará una sola línea en el proyector, pero el resultado es contrario a los resultados que podamos esperar: la formación en el proyector sigue siendo un patrón de interferencia.

¿Cómo sucede? ¿Cómo puede un solo fotón “saber” acerca de los fotones que vienen después y formar un patrón parecido al del grupo que se dispara en conjunto?

En este punto es donde comienza la complejidad cuántica y las cosas se alejan del panorama clásico en su totalidad. Parece que un solo fotón viaja a través de ambas rendijas y choca consigo mismo para formar el patrón de interferencia. Esto ha molestado mucho a los físicos, ya que no obedece a las leyes que vemos en nuestra escala newtoniana.

Esta última iteración del experimento nos hará apreciar lo absurdo de la naturaleza y lo completamente loco que es nuestro mundo. Hemos establecido que un solo fotón viaja desde ambas rendijas al mismo tiempo y choca consigo mismo para formar el patrón de interferencia. Como dicta la física clásica, es imposible que el mismo fotón se mueva a través de las dos rendijas al mismo tiempo. Tal vez se esté dividiendo en dos partes e interactuando consigo mismo. La única manera de saber es mirar. Se coloca un detector en una de las rendijas para que cuando el fotón pase a través de ella el detector lo identifique.

Figura 4



FUENTE: T. Hey y P. Walters, *The Quantum Universe*, *ibid.*

A medida que el fotón atraviesa la rendija, el detector lo identifica. El patrón que emerge en el proyector es una sola línea. El acto de medir u observar el fotón lo hace recorrer un solo camino, dejando la impresión en el proyector de una partícula. Ya no interactúa consigo mismo y no surge ningún patrón de interferencia. Cuando el experimento se lleva a cabo con diversos grados de detección, de modo que la detección es más tenue en cada fotón que pasa (digamos que se detectan entre 7 y 10 fotones y ese número sigue disminuyendo), entonces el patrón de interferencia comienza a emerger nuevamente. Los fotones actúan como onda cuando no son observados y actúan como partículas cuando son observados.

Los electrones, átomos, moléculas e incluso *fullerenos*⁴⁵ complejos como *Buckyballs*⁴⁶ se han utilizado como fuentes para el experimento, y se obtienen los mismos resultados utilizando todas las fuentes, el patrón es consistente tanto en luz como en materia.

Al final, el experimento de la doble rendija mostró que los electrones y todas las partículas cuánticas existen como partículas y como ondas de probabilidad. Cuando las partículas cuánticas se comportan como ondas de probabilidad significan que no sabemos con certeza dónde están esas partículas, solo podemos saber la probabilidad de dónde estarán. Se dice que estas partículas están en superposición. Esto significa que están en todos los estados posibles a la vez. Una vez que tratamos de observar el estado de esta partícula, la función de onda colapsa en un solo estado. Lo que aprendimos de este experimento es que el mundo cuántico es muy extraño, en el sentido de que es muy diferente del mundo que generalmente percibimos y en el que vivimos.

Las cosas en la escala cuántica no siguen las leyes deterministas de la escala macrofísica. De entre las interpretaciones que existen al respecto, la Interpretación de Copenhague establece que el patrón de interferencia son todas las funciones probables del fotón, función de onda, y el acto de observarlo o medirlo hace que la onda seleccione una de las muchas alternativas, esto es “colapsar la función de onda”.

II.II. Mecánica ondulatoria

Si el experimento de la doble rendija encapsula la esencia de la mecánica cuántica en un experimento básico, la ecuación de onda de probabilidad de

⁴⁵ Tipo de molécula de carbono con una construcción que utiliza formas físicas como una esfera o un tubo.

⁴⁶ Moléculas formadas por 60 átomos de carbono, fusionados en forma de balón de fútbol.

Schrödinger ha sido descrita como su ingrediente central, su característica distintiva, su motor matemático⁴⁷.

Fue la ecuación de Schrödinger la que permitió a los físicos calcular cómo se mueven las ondas de probabilidad cuántica y, por lo tanto, hacer predicciones precisas que podrían compararse con experimentos. Sin embargo, como Richard Feynman aludía, no vino de ningún otro lugar más que del cerebro de Schrödinger. Tales ondas son permanente y completamente inobservables. También se debe tener en cuenta que la ecuación de Schrödinger produce los mismos resultados que el formulismo matemático empleado por Heisenberg⁴⁸, aunque en un formato totalmente diferente.

De igual forma, la ecuación de Schrödinger puede verse como el complemento de la Segunda ley de Newton. Recordemos que, para Newton, teniendo conocimiento de las condiciones iniciales, es posible saber qué camino tomará el sistema. Algo parecido pasa con la ecuación de Schrödinger, pues ésta nos da la imagen de como evolucionará una función de onda a lo largo del tiempo.

Schrödinger comenzó con el concepto newtoniano clásico de que la energía total de una partícula se compone no solo de la energía derivada de su movimiento, energía cinética, $E \propto mv^2$, sino también de su energía potencial (V). Sin embargo, el descubrimiento de De Broglie⁴⁹ de que la materia también se comporta como una onda, describió la energía cinética de la partícula en términos de su función de onda, que eligió para expresar su momento de referencia. Al cambiar la ecuación de energía clásica por una onda, con una ecuación de onda diferencial, mostraba cómo los estados individuales del sistema cuántico y sus amplitudes variaban entre sí en cualquier momento

⁴⁷ Cfr. GREENE, B. *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos*.

⁴⁸ La mecánica de matrices se encuentra explicada en el siguiente subcapítulo, P. 54 y sig.

⁴⁹ Físico francés conocido por su investigación sobre la teoría cuántica y por predecir la naturaleza ondulatoria de los electrones. Fue galardonado con el Premio Nobel de Física de 1929.

dado, puntualizando la importancia relativa de cada estado para el sistema, como un todo, como una serie infinita⁵⁰.

$$\Psi(x,t) = \psi(x) \cdot \phi(t)$$

El término del lado izquierdo es la clave de la ecuación de Schrödinger porque da la función de onda en el tiempo, que era lo que Schrödinger intentaba derivar. El término de energía cinética aparece en el lado derecho de la ecuación.⁵¹

La ecuación postula que la función de onda ψ del estado de energía del sistema como un todo, finalmente se revela como una manifestación de una serie infinita de funciones periódicas internas del sistema. En el proceso, se revelan la cuantización subyacente del sistema y las armonías internas: imaginemos las frecuencias naturales y la cantidad de nodos de una onda estacionaria unidimensional inherente a una cuerda de guitarra⁵². Se pueden trazar analogías similares para ondas bidimensionales y tridimensionales. Bajo el sistema de Schrödinger, la energía pasa continuamente de un patrón de vibración de un lugar a otro mediante saltos cuánticos, y lo que parece una partícula se convierte en una superposición de miles de ondas, tal como lo había descrito el matemático y físico francés Louis de Broglie. La mecánica ondulatoria brinda una descripción completa de las líneas espectrales en el átomo de hidrógeno⁵³.

La ecuación de Schrödinger es una encapsulación de probabilidades, por lo tanto, la función de onda ψ impregna todo el espacio y evoluciona de acuerdo con la ecuación. Ψ codifica la probabilidad de encontrar la partícula dentro de cualquier región dada, así como las probabilidades de sus propiedades. Es “una lista de números, un número para cada configuración

⁵⁰ Cfr. BOX, M, *The Fundamental Nature of Light*.

⁵¹ Cfr. BLANCO, D. *El universo esta en onda*.

⁵² Cfr. *Ibíd.*

⁵³ Cfr. McEVOY, JP. *Introducing Quantum Theory: A Graphic Guide*.

posible del sistema”⁵⁴. Las ondas de probabilidad dan lugar a predicciones, pero las ondas en sí mismas están fuera del ámbito de la realidad cotidiana. Sin embargo, la teoría es aceptada por los científicos a pesar de que los principios centrales son inobservables y nadie sabe realmente cómo funciona.

Trabajando con esa ecuación, los físicos pueden ingresar los detalles de cómo son las cosas ahora y luego calcular la probabilidad de que sean de una forma u otra en cualquier momento en el futuro y, en un amplio espectro, las predicciones probabilísticas de la mecánica cuántica que surgen de la ecuación coinciden con los datos experimentales siempre⁵⁵.

La mecánica cuántica enseñaba que una partícula no era una partícula sino una mancha, una nube viajera de probabilidades, como una onda en la que la esencia se extendía. La ecuación de onda hizo posible calcular con manchas y acomodar la probabilidad de que una característica de interés pueda aparecer en cualquier lugar dentro de un cierto rango⁵⁶.

Clásicamente, los electrones deberían buscar su estado de energía más baja y girar en espiral hacia los núcleos cargados positivamente. Eso resulta imposible en la mecánica cuántica.

[...] porque le daría al electrón una posición definida como un punto. La incertidumbre en la mecánica cuántica fue el aire que salvó a la burbuja del colapso. La ecuación de Schrödinger mostraba dónde las nubes de electrones encontrarían su energía mínima, y de esas nubes dependía todo lo sólido que había en el mundo⁵⁷.

Sin embargo, la ecuación de Schrödinger, que rige la forma en que las funciones de onda cambian con el tiempo, no implica probabilidades. Es tan determinista como las ecuaciones de movimiento y gravitación de Newton.

Es decir, dada la función de onda en cualquier momento, la ecuación de Schrödinger dirá con precisión cuál será la función de onda en cualquier momento futuro. Ni siquiera existe la posibilidad del caos, la

⁵⁴ WEINBERG, S, *The trouble with Quantum Mechanics*. P. 192

⁵⁵ *Ibid* p. 192

⁵⁶ GLEICK, J. *Genius: Richard Feynman and modern physics*. P. 89

⁵⁷ *Ibid*. P. 89.

extrema sensibilidad a las condiciones iniciales que es posible en la mecánica newtoniana. Entonces, si consideramos que todo el proceso de medición está gobernado por las ecuaciones de la mecánica cuántica, y estas ecuaciones son perfectamente deterministas, ¿cómo llegaron las probabilidades a la mecánica cuántica en primer lugar?⁵⁸.

Max Born introdujo la idea de probabilidad en la mecánica cuántica en un artículo de 1926, en el que encontró una manera de reconciliar partículas y ondas al postular que la onda ψ determina la probabilidad que un electrón esté en una posición particular. Esta no era una probabilidad debido a la ignorancia, como en el caso de las técnicas de promediación de Maxwell y Boltzmann⁵⁹ (porque era imposible calcular valores exactos para tantas partículas), sino una concesión a la comprensión de que las probabilidades son todo lo que podemos saber a cerca de un sistema atómico⁶⁰.

En una crítica a la interpretación realista de Schrödinger, que derivó en una interpretación alternativa, Bohr y Heisenberg encontraron la acepción ortodoxa de la Interpretación de Copenhague. Para Bohr y Heisenberg, la posible multidimensionalidad de ψ , así como su valor complejo, impiden considerar la representación de una onda real, sin embargo, era posible atribuirle significado real al cuadrado de su valor absoluto.

El desacuerdo no es sobre el formalismo matemático de la teoría, sino sobre su interpretación/significado. Las ecuaciones y su aplicación son aceptadas y aplicadas de igual manera por los científicos, la discrepancia surge sobre las estructuras físicas que subyacen a dichas ecuaciones. No es la matemática ni su adecuación empírica, sino la ontología que está detrás de ellas: ¿qué debe entenderse por realidad? Nadie duda de la existencia del

⁵⁸ WEINBERG, S. *The trouble with Quantum Mechanics*. P. 192

⁵⁹ Son una distribución de probabilidad particular en la cual las moléculas de aire que nos rodean no tienden a viajar todas a la misma velocidad, incluso si el aire está a una sola temperatura. Algunas de las moléculas se moverán extremadamente rápido, otras a velocidades moderadas y algunas apenas se moverán.

⁶⁰ Cfr. McEVROY JP, *Introducing Quantum Theory: A Graphic Guide*.

mundo microfísico, sino del significado con que debe entenderse la 'existencia real'⁶¹.

En mecánica cuántica, los valores de los estados observables de un sistema son representados por una función de onda, ψ , un número de valor complejo, imaginario, que describe, de manera determinista, en la ecuación de onda, la evolución de dicho sistema en el tiempo, permitiendo calcular su comportamiento y evolución en principio. Schrödinger asoció esta función a un proceso vibratorio real al interior del átomo, referida a una distribución continua de electricidad en el espacio, concibiendo a las partículas como 'paquetes de onda'⁶² no expandibles. Bajo esa interpretación no quedaba explicado cómo el paquete podía mantenerse estable. ¿Cómo aceptar que ψ representa la onda real si ella misma es un número imaginario, además de que para múltiples partículas es necesario un espacio con más de tres dimensiones?, ¿cuál es el significado de ψ ligada al aspecto corpúsculo onda?⁶³

Alfred Landé propone siete interpretaciones de ψ simplificadas a cinco por Diéguez⁶⁴:

1. Representa algo real de un sistema cuántico individual.
2. No representa nada real. Es un instrumento matemático de cálculo probabilístico para obtener resultados sobre sistemas microfísicos individuales.
3. Describe nuestro estado de conocimiento sobre un sistema microfísico.
4. No representa una realidad actual, sino un conjunto de potencialidades actualizables con las condiciones experimentales.
5. Describe el comportamiento de un conjunto de sistemas, nunca de uno solo.

⁶¹ DIEGUEZ, A. Realismo científico, P. 43

⁶² Cuánto de energía de Planck. Unidad mínima de transferencia de energía.

⁶³ *Ibid.* P. 43

⁶⁴ *Cfr. Ibid.*

Los puntos 2 y 3 forman parte de la Interpretación de Copenhague y el 5 es el núcleo de la interpretación de K. Popper.

El problema real de la aplicación de ψ surge de la medición y se encuentra en el colapso de función de onda/reducción de paquete de ondas. Sin medida, éste evoluciona de manera determinista como una suma de todas las estadías posibles superpuestas, pero al entrar en contacto con un objeto macrofísico, el resultado es solo uno de los estados posibles y no la superposición, a pesar de que se cumple con medir, delimitar, obtener el dato de ese preciso ejercicio. Medir no implica un cambio discontinuo en la función de onda, no regido por la ecuación de Schrödinger y de carácter indeterminista. Cómo y porqué se produce ese cambio no únicamente afecta nuestro proceso de conocimiento, es una verdadera transformación física que la medición introduce, una transformación física real: imaginemos que un sujeto camina en línea recta y en algún punto alguien más dispara un balón hacia el rostro del primero, ¿fue solo un elemento del proceso de conocimiento al ser golpeado mientras sigue un trayecto, o una transformación física sobre su cuerpo? Ahora imaginemos todos los puntos espacio-temporales en los que puede estar ese esférico, justo hasta el momento que impacta el rostro de ese primer sujeto, estamos hablando de múltiples probabilidades contenidas en un escenario: ψ es un contenedor de información que muestra toda la información que corresponde a la partícula en cuestión

II.III. Mecánica cuántica

La mecánica de matrices de Heisenberg es una herramienta para calcular los valores correspondientes de posición y momento que extiende la regla de selección cuántica a sistemas cuánticos arbitrarios, independientemente de la periodicidad de las trayectorias de los modelos clásicos correspondientes, en tanto las energías estacionarias son los valores propios de la matriz. Heisenberg la sugirió como un tratamiento novedoso y

revolucionario de la cinemática clásica usando el postulado del Principio de correspondencia de Bohr, que indica que la posición y el momento de un electrón en el átomo no son observables al mismo tiempo, ya que tratan las "órbitas estacionarias" en lugar del movimiento del electrón. Respectivamente, estas variables dinámicas clásicas deben reinterpretarse, y la noción del mismo Bohr sobre que debe mantenerse la forma de todas las relaciones clásicas entre las variables dinámicas (la forma de las ecuaciones dinámicas, para los diferentes momentos implicados).

Cuando fue presentada, el algebra de matrices no fue aceptada de inmediato y fue una fuente de controversia. Parte de la razón fue que la formulación de Heisenberg estaba en un lenguaje matemático extraño, mientras que la formulación de Schrödinger se basaba en ecuaciones de ondas familiares. La posterior introducción de Schrödinger de la mecánica ondulatoria contribuyó a la aceptación del modelo matricial de Heisenberg.

La mecánica cuántica se había estado desarrollando por dos caminos, uno dirigido por Einstein, quien enfatizó la dualidad onda-partícula propuesta para los fotones, y el otro dirigido por Bohr, que enfatizó los estados de energía discretos y los saltos cuánticos que él mismo descubrió. De Broglie había reproducido los estados de energía discretos dentro del marco de Einstein: la condición cuántica es la condición de onda estacionaria, y esto dio esperanza a los de la escuela de Einstein de que todos los aspectos discretos de la mecánica cuántica se subsumirían en una mecánica de onda continua.

La mecánica matricial se ocupaba de los estados de energía discretos y los saltos cuánticos. Los seguidores de Bohr no apreciaban los modelos físicos que representaban a los electrones como ondas como algo en absoluto, preferían centrarse en las cantidades que estaban directamente relacionadas con los experimentos realizados en laboratorio, como el de la doble ranura, o el de Zenón cuántico⁶⁵; por ejemplo, a ellos, la espectroscopía les proporcionó

⁶⁵ El efecto Zenón cuántico es un fenómeno de la física cuántica en el que la observación de una partícula evita que se descomponga como lo haría en ausencia de la observación.

datos de observación sobre las transiciones atómicas que surgen de las interacciones de los átomos con los cuantos de luz, por ello requerían que solo aparecieran en la teoría aquellas cantidades que en principio eran medibles por espectroscopía. Estas cantidades incluyen los niveles de energía y sus intensidades, pero no incluyen la ubicación exacta de una partícula en la órbita de Bohr. Es muy difícil imaginar un experimento que pueda determinar si un electrón, en el estado fundamental de un átomo de hidrógeno, está a la derecha o a la izquierda del núcleo. Era desconcertante que tales preguntas no tuvieran respuesta. Finalmente, se entendió que el conjunto de valores propios de la matriz era el conjunto de todos los valores posibles que puede tener el objeto microfísico observable, dado que en las matrices de Heisenberg los valores propios son reales.

Si se mide un objeto microfísico observable y el resultado es un cierto valor propio, el vector propio correspondiente es el estado del sistema inmediatamente después de la medición. El acto de medir en la mecánica matricial “colapsa” el estado del sistema. Si uno mide dos observables simultáneamente, el estado del sistema colapsa a un vector propio común de los dos observables. Dado que la mayoría de las matrices no tienen vectores propios en común, la mayoría de los observables nunca se pueden medir con precisión al mismo tiempo⁶⁶. Este es el Principio de incertidumbre.

Si dos matrices comparten sus vectores propios, se pueden diagonalizar⁶⁷ simultáneamente. En la base donde ambos son diagonales, está claro que su producto no depende de su orden, porque la multiplicación de matrices diagonales es solo una multiplicación de números. El Principio de incertidumbre, por el contrario, es una expresión del hecho de que a menudo dos matrices A y B no siempre conmutan, es decir, que $AB - BA$ no necesariamente es igual a 0. La relación de conmutación fundamental de la mecánica matricial, implica entonces que hay no hay estados que tengan

⁶⁶ NAVARRO. J. *¿Existe el mundo cuando no lo miras?* P. 78

⁶⁷ La diagonalización matricial es equivalente a transformar el sistema de ecuaciones en un conjunto especial de ejes de coordenadas en el que la matriz toma esta forma.

simultáneamente una posición y un impulso definidos. “El principio de Heisenberg solo implica la limitación de la precisión de las medidas en [...] sentido particular y muy alejado de la acepción corriente de incertidumbre”⁶⁸.

La incertidumbre se demuestra rigurosamente a partir de la no conmutatividad, característica de los operadores que el formalismo asocia a cada tipo de medida: los resultados dependen del orden cronológico en que son utilizados los aparatos.

Para tener conocimiento del trayecto de un cuerpo, es necesario que conozca cada punto de las posiciones sucesivas que el objeto ocupa con el paso del tiempo. Es indispensable mirarle y para ello es necesario iluminarle, la luz proyectada sobre el objeto ejerce presión similar a como el viento lo hace con una flama, esto se llama presión de radiación, mínima en objetos macrofísicos pero de fuerte impacto sobre microfísicos. Si el cuerpo es la partícula del ejemplo primero, iluminarla implicará perturbar la trayectoria, dejarla a oscuras, nada conocer. Siempre es posible iluminar solo algunas veces y no todo el tiempo: el resultado preciso exigido de los cálculos necesariamente implica un número suficiente de posiciones, cantidad que continuará, aunque menos, modificando la trayectoria, aunque se reduzca la intensidad de la luz para que la suma de alteraciones resulte por debajo del límite impuesto. Insostenible reducir el impacto hasta un punto cero, es imposible disminuirlo a menos de un fotón, cantidad elemental de irradiación. Hacer que las ondas interactúen solo con objetos en función de la longitud de onda resulta imposible, pues a menor longitud corresponde mayor energía, y una onda con mayor longitud no vería la partícula al perderse entre cada curva, mientras que una corta la dispararía al transferirle mayor impulso.

Cualquiera que sea el dispositivo de medición experimentará la misma afectación, por lo que no es posible conocer a un tiempo posición y velocidad. Pero esta formulación es inexacta porque (a) atribuye condición de corpúsculo a

⁶⁸ KLEIN, É. *La física cuántica*. P. 35

todas las partículas, y (b) da a entender que la partícula –corpúscular- existiría –tal como en la física clásica- con una velocidad y una posición exactas que el experimentador no puede conocer simultáneamente. B es una pieza fundamental de la Interpretación de Copenhague y uno de sus pilares positivistas. ¿Cómo se resuelve?, el error está en evaluar el paradigma como si se tratase de solo corpúsculos, la Interpretación de Copenhague solo trata de salvar esa inconsistencia corpuscular tratando las propiedades de la partícula como conceptos definidos por el experimentador, no se pregunta por la realidad, ¿qué necesidad hay de hacerlo?

Las partículas no poseen simultáneamente ambos atributos, el formalismo cuántico jamás les atribuye estas características simultáneamente, no porque realmente no las “tengan”, sino porque sigue en conflicto con el formalismo clásico. Esos conceptos considerados inseparablemente carecen de sentido, así como de trayectoria asociada a ellos; sin embargo, caracterizar objetos cuánticos con atributos clásicos es ilegítimo.⁶⁹

Este principio también se aplica a muchos otros pares de observables, por ejemplo, la energía tampoco conmuta con la posición, por lo que es imposible determinar con precisión la posición y la energía de un electrón en un átomo. Una vez que Heisenberg introdujo las matrices, pudo encontrar sus elementos matriciales en casos especiales mediante conjeturas, guiado por el principio de correspondencia.

El principio de Heisenberg solo implica la limitación de precisión de las medidas en un sentido particular y muy alejado de la acepción corriente de la palabra [...] preciso es saber que ese principio es demostrable, de manera por demás rigurosa, a partir de una característica de los operadores que el formalismo cuántico asocia a cada tipo de medida, a saber: su no conmutatividad.⁷⁰

Recordando el experimento de las rendijas, esto muestra que cuando no se mide la identidad de la rendija, o sea, no se conoce cuál es la rendija por la que

⁶⁹ KLEIN, É. *La física cuántica*. P. 39
⁷⁰ *Ibid.* P. 35

pasa la partícula, la incertidumbre en la posición de la pantalla de la partícula es aproximadamente igual a la distancia entre máximos sucesivos en el patrón de interferencia, es decir, es del mismo orden de magnitud que el ancho de cada región brillante. De manera más general, el principio de incertidumbre de Heisenberg garantiza que cualquier reducción en la incertidumbre en la identidad de las rendijas (posición en la barrera) debe aumentar la incertidumbre en el momento de los fotones cuando salen de las rendijas; debido a que el impulso incluye la dirección, la incertidumbre en el impulso se traduce en incertidumbre en la posición de la pantalla. Ésta es la correspondencia entre posición y momento, tradicionalmente asociado con el Principio de incertidumbre de Heisenberg, donde la posición indica la identidad de la rendija y el momento indica la posición de la pantalla; es decir, la incertidumbre entre la posición y el momento se traduce en la incertidumbre entre la identidad de la rendija y la posición de la partícula en la pantalla en el experimento de la doble rendija.⁷¹

En la práctica es posible ajustar la cantidad de información obtenida con respecto a la posición, variando la precisión de los dispositivos de medición. A medida que se obtiene más información sobre la posición de la rendija, se dispone de menos información sobre la estructura final del patrón de interferencia. En consecuencia, a medida que se obtiene más información sobre la posición, el patrón de interferencia se reemplaza gradualmente por una amplia gama de difracción. Por otro lado, Heisenberg explicó su Principio de incertidumbre al mostrar que iluminar un electrón debe alterar la posición y el momento de ese electrón, lo que introduce incertidumbre en la posición y el momento del mismo. Pero el Principio de incertidumbre de Heisenberg no depende de la incertidumbre de las medidas, de hecho es al revés⁷². Debido a que tanto la luz como la materia se comportan como si fueran ondas, pueden analizarse mediante el análisis de Fourier⁷³, y si la posición y el momento son

⁷¹ Cfr. *Ibíd.* P. 28

⁷² Cfr. *Ibíd.* P. 37

⁷³ El análisis de Fourier es el estudio de cómo las funciones generales se pueden descomponer en trigonométricas. o funciones exponenciales con frecuencias definidas.

ondas, deben obedecer a un resultado clave de dicho análisis: la desigualdad de Heisenberg. Esto establece que, si las longitudes de onda de posición son largas, las longitudes de onda de momento son cortas, y viceversa. Más precisamente, la desigualdad de Heisenberg implica que la reducción de la incertidumbre de la posición aumenta la incertidumbre del momento (y viceversa), de modo que los valores de ambos no se pueden conocer con exactitud, independientemente de si se miden o no.

Ahora bien, para Étienne Klein, en su libro *La física cuántica*, este problema es ilegítimo, sería deseable que las explicaciones de la física cuántica puedan ser reproducibles en términos de la física clásica, sobre todo en el límite de los números cuánticos de mayor tamaño. Así, la nueva teoría debe reproducir los resultados de los números clásicos.

En la mecánica cuántica, toda 'partícula' presenta cualidades corpusculares y ondulatorias, mas no son ondas ni corpúsculos, sino que estos son solo aspectos complementarios e indica qué fenómenos no son expresables por tales imágenes, pues ambas representaciones corresponden a diferentes condiciones experimentales y son incompatibles lógicamente; así, "el sentido de un concepto solo puede definirse por medio de un experimento concreto"⁷⁴, enunciado que funciona como principio de la Interpretación de Copenhague, de franco carácter positivista, de manera que solo el experimento determina si es posible o no utilizar un concepto para describir la información obtenida, pues no podemos usar un concepto producto de un solo experimento para dar cuenta/información sobre otro. Pero esto no es del todo correcto, puesto que limita la posibilidad de todo conocimiento y/o avance, evitando aventurar cualquier conjetura o plantear experimento alguno porque aquello de lo que no es posible hablar sería mejor guardar silencio.

Incluso en el experimento de la doble ranura, si no determinamos por cuál ranura pasa el electrón, contamos con un concepto de onda bien

⁷⁴ DIEGUEZ, A. *Realismo científico*, P.30

delimitado. Al proceder, las franjas comienzan a enturbiarse hasta desaparecer. Pero el concepto terminaría por carecer de sentido si se basara en un solo experimento, imposibilitando representarle como si tuviese tal propiedad. Corpúsculo y onda son indisociables y excluyentes entre sí, es imposible definir su sentido a través de un solo experimento y de mostrárseles a través de una sola representación aislada; si queremos hacer uso de la idea de complementariedad en la Interpretación de Copenhague y la física cuántica es propicio mirarla como producto de la contrastación de múltiples experimentos.

La mecánica cuántica es útil para explicar el mundo microfísico, pero la realidad macrofísica escapa a su ámbito, es ahí donde la física clásica da buenas explicaciones. Sin embargo, es posible pensar que ambas físicas puedan resultar compatibles en algún punto. Esto es lo que busca el principio de correspondencia de Bohr. Este punto de coincidencia entre ambas teorías también se conoce como “límite de correspondencia” o “límite clásico”. Tal límite se alcanza cuando los números cuánticos son grandes.

Sin embargo, desde la perspectiva de Schrödinger el ajuste entre ambas teorías no es tan claro, pues sus leyes tienen un carácter probabilístico, por lo cual las leyes newtonianas solo se cumplen en promedio.

El principio de correspondencia sirve a los físicos para hacer empatar partes de la teoría cuántica con las de la física clásica. Este principio delimita los puntos en los que la perspectiva cuántica coincide con la clásica. Sin embargo, para Bohr, que la coincidencia entre física cuántica y física clásica solo arroja resultados probabilísticos, habla de la irreductibilidad de la primera a la segunda; por lo tanto, ambas son independientes.

Para algunos teóricos, estos problemas se resuelven en la formulación del espacio fásico, que permite representar un conjunto de posiciones y momentos expuestos en un sistema de partículas, lo cual permite hacer coincidir con una misma interpretación a ambas físicas. Para Heisenberg, la probabilidad de onda es una posibilidad o tendencia, pero también algo objetivo,

inherente al objeto antes de la observación, y pese a que lo que podemos conocer de los objetos observados será siempre resultado de su interacción con los instrumentos de observación.

III. EL REALISMO DE K. POPPER Y EL OBJETIVO DE LA CIENCIA

III.I. La interpretación de Copenhague

La Interpretación de Copenhague constituye la desviación principal del realismo clásico, a partir de la interpretación probabilística de la función de onda y el Principio de complementariedad. “No consiste en una explicación clara ni sistemática ni tiene el mismo grado de entendimiento por quienes la aceptan, es más bien una denominación para una variedad de puntos de vista relacionados”⁷⁵, producto de la vinculación de cuestiones epistemológicas y ontológicas tratando infructuosamente de evitar estas últimas debido a la influencia del positivismo. Contrapuesta en cierto grado al instrumentalismo de Heisenberg, se centra en ponderar el papel de la conciencia como punto central en el acto de medición, idea introducida parcialmente por Bohr y completada entre otros por Neumann.⁷⁶

Bohr observa que no hay nada objetivo definido ni independiente detrás de las cualidades dinámicas, propiedades reales e independientes de un sistema en cambio constante, las cuales varían en la medición como un punto determinado en la traslación de un objeto, cuando el sistema es observado, “su suceder está restringido a su observación”⁷⁷; así, en lugar de ser conceptualizados como propiedades, atributos o cualidades son denominados “procesos” e “interacciones”, en tanto que son considerados abstracciones surgidas de la situación experimental y no rasgos del sistema microfísico⁷⁸, solo es una perspectiva conceptual que permite explicarlos como algo propio del observador.

⁷⁵ DIEGUEZ, A. *Realismo científico*, P. 46

⁷⁶ *Ibíd.* P. 46

⁷⁷ *Cfr. Ibíd.*

⁷⁸ *Cfr. Ibíd.*

“La magnitud finita del cuanto de acción impide hacer una distinción neta entre fenómeno e instrumento de observación”⁷⁹, la existencia de este cuanto impide el control de la reacción de objeto al actuar sobre el aparato de medida, el comportamiento del objeto observado es producto de su interacción con el objeto de medición, siendo resultado de la situación experimental e inseparable de ella, por tal razón, no puede ser reconstruido independientemente, en tanto no es un mero aspecto de realidad objetiva cuyo modelo puede ser obviado una vez que se conoce a qué lugar de la realidad pertenece. Así, epistemológicamente, para Bohr la teoría cuántica no versa directamente de la realidad, sino sobre fenómenos y, por tanto, sobre nuestro propio conocimiento de las cosas:

[...] nos encontramos aquí bajo un nuevo aspecto, esa antigua verdad que dice que al describir los fenómenos nuestro propósito no es revelar su esencia misma sino establecer solo, y en medida de lo posible, relaciones entre los múltiples aspectos de nuestra experiencia⁸⁰

La realidad no es algo que se dé independientemente de un sujeto cognoscente; sin embargo, no hay duda de la existencia del nivel cuántico ni de los electrones ni ningún otro cuerpo microfísico, solo estamos ante un significado nuevo ofrecido a esa realidad con relación a un objeto de medición, por lo que la interpretación “mística” de que la teoría cuántica no es sino una dilución completa de la realidad en la conciencia del observador carece de fundamento.

Los conceptos clásicos con los que la física describía el mundo siguen siendo necesarios para explicar los fenómenos cuánticos, tal como nuestros instrumentos los detectan y los miden, pero

[...] no son aplicables a los sistemas cuánticos considerados en sí mismos, ya que para determinadas características que se obtienen en

⁷⁹ *Ibid*, P. 47

⁸⁰ *Ibid*, P. 48

una medición sobre un sistema cuántico, solo se puede decir que adquieren <<realidad>> en el conjunto del dispositivo experimental⁸¹,

Este problema que plantea Bohr para K. Popper es estadístico, la realidad está ahí y se obtiene un resultado probabilístico, solo se trata de graficar los resultados obtenidos probabilísticamente.

Podemos entonces argumentar desde tales perspectivas que esto no significa que las propiedades atribuidas a los objetos, cualidades secundarias galileanas, carezcan de sentido sin ser percibidas por un observador. Estos objetos poseen existencia independientemente de ser observados y son independientes de las condiciones de observación; sin embargo, solo adquieren características bien definidas hasta que son observadas por un sujeto concreto.

Pero el carácter instrumentalista de la interpretación de Copenhague es también cuestionable porque: a) no puede ser visto como un recurso cuya utilidad solo consiste en manejar datos empíricos, dado que entonces no sería posible obtener de ella tesis alguna sobre la realidad, o siquiera indicar que ésta es producto de la conciencia del observador; b) no es un mero instrumento de cálculo o interpretación de cálculos, dado que en ella se obtienen afirmaciones de la realidad que nos la descubren como un mundo independiente, pues no es necesario para poder acceder al conocimiento del mundo subatómico abandonar la realidad macrofísica.

Las construcciones teóricas que son fundamento de la interpretación de Copenhague y que reflejan la ruptura con el realismo clásico son: la mecánica ondulatoria, la mecánica cuántica y el principio de complementariedad. Respecto a la primera, la posible multidimensionalidad de ψ ⁸², así como su valor complejo, impiden considerarla una representación de una onda real como Schrödinger buscaba, pero sí es factible asignarle un valor real al cuadrado de su valor absoluto que siempre será un número real no negativo menor o igual que 1. Einstein había considerado para ello la dualidad onda-partícula en el

⁸¹ *Ibid.* P. 46

⁸² Se encuentra explicada en el capítulo anterior P. 53.

caso del fotón, indicando que el cuadrado de la intensidad daba la densidad de probabilidad de existencia de fotones en un punto específico; de esta misma consideración partió Max Born para sostener que las partículas cuánticas eran como las partículas clásicas. Los experimentos de difracción de electrones, como el de la doble rendija, que mostraban fenómenos ondulatorios en los sistemas microfísicos, indicaban que la “función ψ debía ser algo físicamente real y no meramente una representación de nuestro conocimiento”⁸³, por lo que es un mero instrumento metodológico, y habitante de mundo 3, que contrasta con la realidad para descubrir más de ella en lugar de ser un simple auxiliar mental carente de significado. Al contrario de la explicación de ψ vista en el capítulo anterior a favor de la Interpretación de Copenhague, Heisenberg le da al significado de ψ un cariz plenamente instrumentalista y en este punto coincide con las tendencias de la investigación de Popper.

El análisis de Copenhague no concuerda matemáticamente con la ecuación de Schrödinger, pero sí concuerda con los experimentos en el laboratorio, un enigma que llevó a Bohr a encontrar una solución única: evolucionar ondas de probabilidad de acuerdo con la ecuación de Schrödinger cuando no se esté mirando o realizando ninguna tarea o tipo de medida. Antes de *mirar*, el estado del sistema atómico es indefinido, teniendo solo la potencialidad de ciertos valores con ciertas probabilidades. Bohr contó que una vez estaba dibujando una línea en la arena separando cosas pequeñas (átomos y sus constituyentes) y cosas grandes (como observadores o experimentadores o su equipo), y concluyó que es difícil saber dónde está la línea que los separa; Bohr también llegó a considerar la dualidad onda/partícula como el núcleo central de la comprensión de la mecánica cuántica en el sentido de que un objeto se comporte como una onda o como una partícula depende de la elección del aparato para observarlo. Por ejemplo, si se ve una partícula a través de un detector de partículas, se presentará como partícula, pero si la ve

⁸³ *Ibid.* P. 51.

a través de un detector de ondas, exhibirá propiedades tanto de onda como de partícula.

El problema fundamental es si existe un mundo objetivo independiente de la conciencia. Al respecto, la Interpretación de Copenhague sostiene: “las leyes naturales que se formulan matemáticamente en la teoría cuántica no se refieren ya a las partículas elementales en sí, sino a nuestro conocimiento de dichas partículas”⁸⁴.

Al igual que K. Popper, Albert Einstein sostiene que la creencia en un mundo externo independiente del sujeto que lo percibe es la base de todas las ciencias naturales⁸⁵. Para los investigadores de las ciencias naturales, la existencia de un mundo objetivo es natural. Sin embargo, después del establecimiento de la mecánica cuántica, la escuela de Copenhague, planteó un nuevo desafío filosófico a la relación entre la materia y la conciencia, al argumentar que el uso de instrumentos de medición clásicos por parte del sujeto para observar el mundo microscópico provoca inevitablemente el colapso del paquete de ondas de la mecánica cuántica. Derivándose así que es el conocimiento del observador el que crea el mundo microscópico y que la atribución de existencia a las partículas no es reconocerles una realidad objetiva. Por lo tanto, los electrones se convierten en partículas debido a la medición subjetiva; así, el conocimiento y el mundo material son inseparables. Visto así, la luna en realidad no existe hasta que se observa⁸⁶.

Sin embargo, la descripción del mundo microscópico dado por la mecánica cuántica debe complementarse con un mundo clásico externo que no se ajusta a la primera, lo que provoca el colapso del paquete de ondas.

Albert Einstein y Erwin Schrödinger no estaban de acuerdo con la escuela de Copenhague, en diferente grado, sostuvieron que el microsistema y todo su exterior, incluidos los instrumentos y los observadores, “deben ajustarse

⁸⁴ *Ibíd.* P. 48

⁸⁵ Cfr. EINSTEIN, A. *The Collected Papers of Albert Einstein*.

⁸⁶ Cfr. HEISENBERG, W. *The Physical Principles of the Quantum Theory*.

a la evolución unitaria de la mecánica cuántica, sin introducir instrumentos clásicos que no se ajustan a la mecánica cuántica, y la conciencia subjetiva finalmente no conduce al colapso del paquete de ondas”⁸⁷. Siguiendo esta dirección, la investigación sobre la teoría cuántica ha sido sumamente productiva durante la última mitad del siglo XXI, básicamente sacudiendo la base del argumento de la escuela de Copenhague.

Con respecto a si la interpretación de Copenhague plantea un verdadero desafío a la relación entre la realidad y el conocimiento, la investigación arroja luz sobre qué significa la objetividad de los resultados de medición del mundo microfísico (objetividad microscópica)⁸⁸ y porqué el sujeto cognitivo debe tener las propiedades macroscópicas esenciales para obtener observaciones probabilísticas clásicas (correlación clásica sistema-instrumento). La investigación respalda las opiniones de Schrödinger, demostrando cómo puede describirse correctamente el proceso de medición de la mecánica cuántica en un marco seguro y unitario sin introducir el colapso del paquete de ondas⁸⁹.

En efecto, experimentos como el efecto Zenón cuántico⁹⁰ afirman verificar el colapso del paquete de ondas, y dan pauta al diseño de nuevos experimentos para probar la predicción teórica, es decir, el tiempo de medición crítico de la teoría cuántica más allá de la interpretación de Copenhague, negando así experimentalmente la afirmación subjetiva de que la conciencia determina los atributos de los objetos microscópicos.

III.II. La interpretación de Copenhague desde la óptica del realismo de K.R. Popper

El debate Bohr-Einstein sobre los fundamentos de la física cuántica está ubicado sobre la perspectiva neopositivista de la ciencia, alejada de la filosofía y

⁸⁷ GELL-MANN, M. *Classical equations for quantum systems*. P. 47.

⁸⁸ TIPLER, F.J. *Quantum nonlocality does not exist*. P. 31.

⁸⁹ Esto será abordado en el último subcapítulo e este capítulo.

⁹⁰ HARRINGTON, P. *Quantum Zeno effects from measurement controlled qubit-bath interactions*. P. 118.

supuestamente de todo lastre metafísico, tratando de ser sometida solo a veredicto experimental. Sin embargo, los fundamentos de la teoría cuántica cobijan en ocasiones cuestiones puramente técnicas tan abstractas que encuentran exposición en imágenes metafísicas.

“El cambio de representación que la física cuántica solicita es tan radical y tan desconcertante que el concepto de realidad se torna casi inasible”⁹¹. La física cuántica se respalda en un formalismo matemático poderoso y árido que resulta difícil trasponer en frases del lenguaje común.

[...] cuando el estado de una partícula está descrito por un vector de estado que en sí es la superposición (la suma) de varios términos, las propiedades de esa partícula no están bien definidas. Solo una medición efectuada en la partícula puede precisar esas mediciones mediante el rodeo que consiste en reducir el paquete de ondas. Pero en tanto no se efectúe medición alguna, esas mediciones solo se pueden precisar mediante la probabilidad de que una medición eventual proporcione tal o cual valor.⁹²

No podemos, entonces, seguir considerando a los objetos como si estos estuviesen dotados de propiedades medibles, se conozcan o no. La incompletud de la física es patente, de lo contrario las partículas que describe el mismo vector de estado serían idénticas desde cualquier punto de vista.

Es cierto que las probabilidades que el formalismo permite calcular son reales para cualquier sujeto; en este sentido, la física es perfectamente objetiva y los resultados de todo experimento son los mismos para todo el mundo; sin embargo, es la operación de medición la que juega un papel importante dentro de los principios de la teoría, es la que evaluamos, dado que las descripciones de los protocolos y aparatos de medición intervienen explícitamente en la comprensión de los fenómenos.

El problema aquí es saber si los objetos tienen propiedades en sí, puesto que “ningún fenómeno se puede interpretar en el sentido de que propone

⁹¹ KLEIN, É. *La física cuántica*. P. 10.

⁹² *Ibid.* P. 79.

información que le concierna a las propiedades que los objetos tendrán de sí”⁹³. El objeto microfísico pierde, en términos de conceptualización, los atributos que tenía de sí en la física clásica poniendo en entredicho la objetividad tradicional. Pero es únicamente eso, mero nombramiento que no altera la realidad e independencia del mundo con respecto al observador. Así como en la física clásica los objetos existen intrínsecamente como cosas en sí, al establecer enunciados como “dos cargas eléctricas de mismo signo se repelen”, estamos ante un discurso que trata de cosas reales, independientemente de la relación que su observador tenga con ellas; la física de partículas también trata de cosas reales al afirmar: *cuando un fotón impacta una partícula* se habla de una realidad intrínseca al objeto e independiente del sujeto.

Estos problemas no existen para el mundo real, una partícula no se pregunta por su realidad, no afecta el mundo del físico quien calla y calcula y al final establece resultados concretos que descubren la realidad, estos problemas solo suceden dentro de la terquedad metafísica.⁹⁴

Si bien la física cuántica, debido a su formalismo, se aviene a la noción de operación de medición y por ello no es posible asignarle una formulación convincente en la que al instrumento de medición no le corresponda parte alguna, origina una variación en cuestión de *grados de objetividad* tal que: a) la física clásica habla sobre la probabilidad de que una partícula *x* se encuentre en un punto *y*, b) la física cuántica habla de la probabilidad que una partícula *x* sea observada en un punto *y*. El primer punto nos refiere a la realidad en sí, mientras que el segundo nos remite a la realidad observada.

Las cajas colectoras de pelotas, como en el experimento de la doble ranura revisado en el segundo capítulo, no solo muestran una onda que limita la cantidad de pelotas dependiendo de la ranura abierta, sino que al final con ambas ranuras abiertas muestra una curva que señala la frecuencia de entrada de los cuerpos. Con la onda graficada no tenemos acceso a las cantidades de

⁹³ *Ibid.* P. 80.

⁹⁴ Cfr. *Ibid.*

esferas, pero podemos acceder a su conocimiento a través de dichas cajas tal como acudimos a un contenedor.

Es siempre admisible que no sea posible averiguar por una medición el estado de un sistema tras una medición anterior⁹⁵, al realizar cada proceso se interfiere, mas también es admitible que se pueden preparar nuestras mediciones de modo que no se perturben algunas características del estado estudiado, que se puedan prever los resultados conociendo el desvío provocado por la interferencia del evaluador. Así en tanto conocemos los valores inherentes al fotón con que golpeamos la partícula estudiada, podemos ingresar las cantidades y variables implicadas y conocer un resultado del cual eficientemente podamos determinar la alteración producida.⁹⁶ Ésta sería precisamente una salida al problema en el que nos mete la interpretación de Copenhague.

La idea de que la ecuación de Schrödinger verifique/apoye los resultados de los trabajos de Heisenberg no es una corroboración de la interpretación de Copenhague, sino una muestra de la contrastación deductiva de teorías, falsando la hipótesis contraria y permitiéndole ampliarse para explicar con mayor amplitud la realidad, lo cual también es una prueba de realidad objetiva, en tanto las ecuaciones de mecánica ondulatoria contrastan los tableros matriciales de la mecánica cuántica usados por Heisenberg, y cabe la posibilidad que los términos cruzados dentro de la probabilidad de Schrödinger sean un equivalente matemático de las operaciones matriciales no conmutables al igual que la no conmutatividad de la característica de los operadores de cada tipo de medida.

La teoría cuántica es hasta este punto una teoría aproximativa, no hay completud en ella, de ahí que veamos una objetividad débil en comparación con la física clásica. La capacidad y necesidad de la física en general de ampliarse y reevaluarse para poder descubrir más y estar más apegada a la realidad es la

⁹⁵ POPPER, K. *La lógica de la investigación científica*. P. 204

⁹⁶ Cfr. BLANCO D. *El universo está en onda*.

causa de esta condición. Conforme continúen los procesos de contrastación deductiva de teorías y el constante remplazo de las teorías débiles por sus sucesoras, más precisas y amplias, ese grado de objetividad podrá continuar ampliándose, desde esta perspectiva inclusive podemos entender que la evolución del conocimiento científico y su marco metodológico ha avanzado de la física clásica a la cuántica. Así como para el marco anterior tradicional había conjeturas imprecisas que se descartaron cuando se incorporaron las bases de la física contemporánea, a la física en este momento le atañen nuevas conjeturas producto del conocimiento ampliado de la realidad.

Al igual que Einstein, K. Popper estaba profundamente preocupado por las extrañas implicaciones de la mecánica cuántica. Tanto Popper como Einstein no eran partidarios del principio de incertidumbre de Heisenberg, en tanto éste sostiene que medir con precisión una propiedad de una partícula significa que la propiedad conjugada de la partícula está completamente indeterminada. Esta idea socava el principio básico del realismo: las propiedades de cada partícula deben tener valores preexistentes precisos no dependientes de ser medidos. Popper como Einstein propusieron experimentos mentales que desafiaban el principio de incertidumbre⁹⁷.

De este punto en adelante, la propuesta de Popper para superar las paradojas de la interpretación de Copenhague parte del principio de incertidumbre que impone un límite fundamental a la precisión con la que se pueden determinar simultáneamente pares conjugados de propiedades físicas de una partícula, como la posición y el momento. Matemáticamente, esto significa $\Delta p \Delta y \geq h$, donde p e y son el momento y la posición de una partícula, y h (constante de Planck) es la cantidad mínima de incertidumbre requerida.

K. Popper consideró un experimento para tratar de superar el principio de incertidumbre para un par de partículas entrelazadas, esto es, que las partículas tienen una correlación de posición-posición y una correlación de momento-

⁹⁷ Cfr. ZOUROS, G. *Popper's experiment and the interpretation of quantum mechanics*.

momento entre sí. Si se mide la posición o el momento de una partícula entrelazada, este conocimiento se puede usar para determinar instantáneamente la posición o el momento de la segunda partícula con certeza exacta, ya que las propiedades de las partículas están inherentemente correlacionadas. ¿Qué pasaría si la posición de una de las partículas entrelazadas estuviera restringida dentro de una rendija estrecha, Δy ? Incluso si no se colocara una rendija en el camino de la segunda partícula, la posición de la segunda partícula también estaría restringida dentro del estrecho rango de Δy , debido a la correlación posición-posición entre las dos partículas. En este caso, ¿la segunda partícula sería difractada por una rendija inexistente para preservar $\Delta p_y \Delta y \geq h$?

K. Popper sostiene que la difracción de la segunda partícula ocurriría solo en el caso de una rendija real y no por una rendija inexistente. Predijo que, con el uso de una rendija real, la segunda partícula no debería difractarse en absoluto. Sin embargo, esta predicción significa que la posición de la segunda partícula tiene un valor preciso, de modo que $\Delta p_y \Delta y < h$. Popper considera este resultado una violación del principio de incertidumbre, ya que parece mostrar que la incertidumbre es menor que el requisito mínimo.

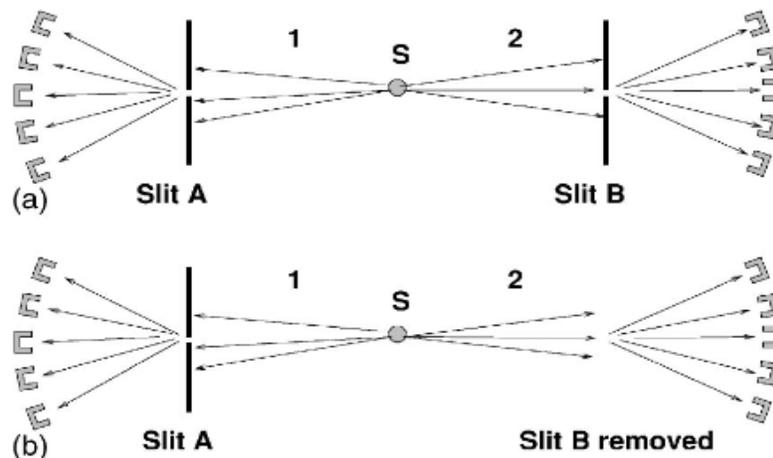


Fig. 1. Schematic diagram of Popper's thought experiment. (a) With both slits, the particles are expected to show scatter in momentum. (b) By removing slit B, Popper believed that the standard interpretation of quantum mechanics could be tested.

El experimento de Popper se puede realizar de dos maneras diferentes⁹⁹:

- a) Utilizando pares de fotones entrelazados generados por conversión descendente paramétrica espontánea¹⁰⁰, que se usa comúnmente para generar partículas entrelazadas. En ese experimento el par de fotones entrelazados puede lograr una correlación posición-posición por medio de una técnica llamada imagen fantasma. En las imágenes fantasma, las dos partículas entrelazadas pueden "obtener imágenes" de una rendija real desde la trayectoria del fotón uno hasta la trayectoria del fotón dos a distancia, proyectando la "rendija fantasma" para el fotón dos. Mientras que el fotón uno está restringido dentro de la rendija real, el fotón dos también debe estar restringido instantáneamente dentro de la rendija fantasma. Luego se compara el patrón de difracción medido de la rendija fantasma con el patrón de difracción de una rendija real en lugar de la rendija fantasma: el patrón de difracción de la rendija fantasma será mucho más estrecho que el de la rendija real. Tal como había predicho Popper, la partícula dos no se vio afectada por una medición realizada en la partícula uno.

- b) Usando fotones emparejados al azar en un estado térmico en lugar de usar pares de fotones entrelazados, a través de imagen fantasma similar, son observables los mismos resultados y se confirma que los fotones emparejados aleatoriamente en el estado térmico pueden producir una rendija fantasma a distancia. Luego se compara el patrón de difracción medido de la rendija fantasma con el patrón de difracción de una rendija real en lugar de la rendija fantasma. Nuevamente los resultados experimentales concuerdan con la predicción de Popper.

⁹⁸ QURESHI, T. *Understanding Popper's experiment*. Pag. 542

⁹⁹ Cfr. ZOUROS, G. *Popper's experiment and the interpretation of quantum mechanics*.

¹⁰⁰ Proceso óptico que ocurre de manera instantánea y convierte un fotón de mayor energía en una pareja de fotones de menor energía, de acuerdo con las leyes de la conservación de la energía.

La diferencia importante con el segundo experimento es que los fotones emparejados aleatoriamente no tienen ningún entrelazamiento preparado previamente, lo que significa que se consideran un sistema clásico. Dejándonos ante un sistema clásico que produce el mismo resultado que un sistema cuántico.

La interpretación de Copenhague afirma que la acción de la persona que realiza la prueba afecta su resultado. Por el contrario, Karl Popper, en la línea de Einstein, considera que existe una realidad objetiva. Partiendo del principio de incertidumbre, la ubicación y el impulso no se pueden determinar simultáneamente con un grado arbitrario de precisión, argumentando que la persona que realiza la medición siempre afecta los valores. Ahora bien, desde la perspectiva del experimento de Popper, la correlación entre una ubicación y el impulso, es decir, su relación, es fija. En otras palabras, la realidad es un objeto que no depende de la persona que lo mide, en tanto el principio de incertidumbre de Heisenberg es una manifestación del equilibrio termodinámico, en el que las correlaciones de variables aleatorias no desaparecen. No hay una razón lógica para que los resultados dependan de la persona que realiza la medición. La interpretación es objetiva y realista, y al mismo tiempo simple, clara y sin misticismo.

Por lo tanto no es necesario sacar al sujeto del proceso de conocimiento, no interfiere realmente con la realidad objetiva y es únicamente necesario dicho sujeto en tanto tal proceso sucede en el mundo 3, así pues, las teorías del mundo 3 son expresiones de hechos reales que acontecen en mundo 1.

Que Popper haya realizado un experimento que permite introducir un elemento de control para demostrar que no todo depende del observador, abona no solamente al realismo, sino que subraya el carácter experimental del mundo cuántico, es decir, en el pueden hacerse experimentos que se sostienen objetivamente, lo que permite, a su vez, dar garantías para que las teorías de la física cuántica se puedan falsar. Es decir, lo que Popper quiere mostrar es que

la realidad cuántica es experimentable de la manera objetiva y esto permite asumir una lógica falsacionista en este proceso de experimentación.

III.III. El conocimiento objetivo y el mundo 3

El objetivo de la ciencia es darnos afirmaciones verdaderas o aproximadamente verdaderas sobre el mundo, las sucesivas teorías científicas no terminan dando lugar a una última teoría final que reflejaría fielmente la realidad. Si una teoría encaja con lo que la experiencia descubre en un dominio de fenómenos, ello es un reflejo ontológico del mundo en sí mismo, dentro de un margen de error razonable,¹⁰¹ y ésta es una de las tareas de la epistemología.

[...] el descubrimiento de la verdad en la ciencia es un proceso interminable. No consiste en buscar y conocer unos conjuntos fijos y bien definidos de principios que formarían el fin último de la investigación científica¹⁰².

El realismo científico se presenta como una concepción de las teorías científicas en función de la cual es necesario presuponer ciertas condiciones en el mundo para nuestro acceso cognitivo a él¹⁰³. Descubrir la verdad no es un proceso de acercamiento gradual a una verdad absoluta. Todo lo que podemos saber y decir es que nuestro conocimiento cubre algunos fenómenos, mientras que todavía hay otros incompletamente conocidos por nosotros y otros no conocidos. David Bohm coincide con Popper al rechazar la idea de un "camino a la verdad", un camino que conduce a pistas y está reduciendo cada vez más la diferencia entre nuestras mejores teorías y una verdad única. La idea de acercamiento continuo y convergente a lo absoluto ciertamente es llamativa. Lo mismo la idea de acercarse constantemente a la verdad absoluta. Sin embargo, la mecánica de Newton es válida en un área determinada cuyos límites completos y exactos son desconocidos para nosotros. Descubrimientos

¹⁰¹ DIEGUEZ, Antonio. Realismo científico. P. 10.

¹⁰² BOHM, D. *On Dialogue*. 1996. P. 128.

¹⁰³ *Ibid.* P. 12.

posteriores pueden contradecir teorías anteriores de una manera completamente inesperada. En consecuencia, no es aceptable ninguna acumulación permanente de teorías o acercarse a algún tipo de límite convergente. Necesitamos nuevos problemas; así estaremos nosotros confrontando y trayendo nuevas teorías hasta ahora desconocidas¹⁰⁴. Las nuevas teorías apuntarán al fracaso total de las teorías anteriores si las usamos fuera del área restringida de su validez, pero abrirán aspectos completamente nuevos del mundo: estructuras, leyes y visiones del mundo que están lógicamente alineadas con la teoría de los tres mundos¹⁰⁵; así, se trata de comprender la teoría moderna de la mecánica cuántica a través de la explicación del Mundo 3 (mundo del conocimiento objetivo).

La división, hecha por K. Popper, del mundo complejo de los seres humanos en el mundo material como mundo 1, el mundo 2 que se basa en el sujeto cognitivo y el conocimiento objetivo, mundo 3, como el producto de la cognición humana, nos indica que todas las teorías, conjeturas y estructuras científicas abordadas hasta este punto pertenecen al mundo 3, y encarnan plenamente la visión realista de Popper, éste insiste en reconocer el mundo externo (incluido el conocimiento) como una realidad objetiva. Popper sostiene que el realismo es consistente no solo con la ciencia sino también con el sentido común, y el subjetivismo que niega la existencia externa es el culpable del estancamiento del desarrollo de la ciencia. Solo insistiendo en el realismo como principio rector de la investigación científica será posible el desarrollo de la ciencia.

Recapitulando, Karl Popper considera el conocimiento objetivo (mundo 3) como conocimiento de una realidad objetiva, el mundo 1. Para él, el mundo 1 incluye materia, energía e incluso organismos vivos, mientras que el mundo 2 incluye comportamientos de pensamiento como la mente, la conciencia, los

¹⁰⁴ *Ibid.* P. 130.

¹⁰⁵ Cfr. POPPER, Karl. *Realismo y el objetivo de la ciencia*.

sentimientos e incluso la fantasía. Aunque el portador materializado¹⁰⁶, el sujeto que lleva los contenidos, del mundo 2 pertenece al mundo 1, el mundo 1 no puede reemplazar completamente al mundo 2. Aunque también pertenece a un mundo de percepción, el mundo 3 es la parte objetiva del mismo, independiente de la conciencia individual. El conocimiento humano puede ser transportado por objetos pertenece al mundo 3, que equivale al consenso de la humanidad. El mundo 3 es un mundo que se puede materializar, heredar y descifrar. Por el contrario, mundo 2 es fluido e incierto, sin reglas a seguir. El libre albedrío, por ejemplo, difícilmente puede materializarse. Si comparamos esto con nuestra teoría cuántica y tomamos la percepción incierta como resultado del entrelazamiento formado por la interacción entre el mundo microfísico de Mundo 1 y el portador materializado de mundo 2, la correlación clásica confirmada por el entorno es el conocimiento objetivo.

La división de Karl Popper no tendría sentido si el mundo subjetivo (mundo 2) y el mundo del conocimiento objetivo (mundo 3) no estuvieran diferenciados en el dominio desmaterializado de la percepción que tiene el sujeto, esto se supera a través del evolucionismo: a diferencia del método epistemológico tradicional que simplemente distingue entre subjetivo y objetivo, espíritu y materia, Karl Popper considera al conocimiento objetivo como sentido común de los seres humanos a través del proceso intrínseco de falsificación y refutación continuo, en lugar de simplemente contemplar sensaciones y percepciones del mundo subjetivo.

Karl Popper creía que, como producto de la evolución a largo plazo del conocimiento humano, el conocimiento objetivo también sigue la evolución darwiniana. Es decir, la materia orgánica se desarrolla a partir de la materia inanimada, que luego se convierte en vida con espíritu y finalmente desarrolla el conocimiento objetivo. Sin embargo, la percepción que puede describir correctamente el mundo 1 se retiene como sentido común a través del ensayo y

¹⁰⁶ Elemento material que sirve para poder pasar de un mundo a otro, dentro de la teoría de los tres mundos de Popper. Así, por ejemplo, las partículas que se manipulan en un acelerador de partículas son el portador materializado del mundo 1 que pasan al mundo 3; es decir, no podemos verlas de manera directa, pero la teoría, que pertenece al mundo 3, nos permite concebirlas como objetos empíricos.

error y la comparación con el mundo externo, mientras que el conocimiento que se desvía mucho del mundo se elimina. El conocimiento se retiene y es reconocido por diferentes sujetos cognoscitivos, convirtiéndose en conocimiento objetivo. En analogía con la teoría cuántica, múltiples observadores realizan mediciones de forma independiente para formar un conocimiento objetivo del mundo microfísico, que equivale a múltiples observaciones o comprobaciones de un objeto microscópico estable por parte del mismo observador en diferentes secuencias de tiempo. Por lo tanto, la evolución en el dominio del tiempo y la selección natural en el dominio del espacio son consistentes desde esta perspectiva.

Tal división de 3 mundos y la descripción de la generación y evolución del mundo del conocimiento objetivo (mundo3) son completamente consistentes con la objetividad de la medición y el darwinismo epistemológico en la teoría cuántica de la medición. Esto no es de ninguna manera una coincidencia. Es un problema fundamental de cómo describir la generación de conocimiento en el mundo microfísico desde la perspectiva microscópica y con base en la mecánica cuántica, y cómo probar filosóficamente la existencia materializada del conocimiento objetivo desde la perspectiva de la física básica. Además, nos inspira a comprender el significado físico de la interpretación de la función de onda de la mecánica cuántica, tratar con las mediciones de ésta y aprender la objetividad de los atributos básicos del mundo microfísico.

Basados en la teoría cuántica y sus experimentos libres del colapso del paquete de ondas y junto con el evolucionismo científico, se describe la objetividad del mundo material. Dividimos el mundo material en el cosmos en dos partes: el mundo microfísico a estudiar y el mundo macrofísico donde se encuentra el observador, ambos llamados colectivamente mundo 1. La interacción especial entre mundos microfísico y macrofísico induce un flujo de información unidireccional con la misma energía del mundo microfísico al macrofísico, lo que da como resultado una medición no destructiva del segundo al primero. La naturaleza macrofísica de nuestro entorno significa que tiene

múltiples componentes, cada uno de los cuales mide un atributo del mundo microfísico y produce el mismo resultado, lo que significa que el mundo macrofísico, incluidos los observadores, forman el conocimiento objetivo del mundo microfísico. La objetividad de éste último queda así determinada. La objetividad del mundo microfísico descrito no se basa en la conciencia del sujeto cognitivo externo, como sucede en la interpretación de Copenhague¹⁰⁷.

Esta comprensión de la objetividad del mundo microfísico es consistente con la visión de Karl Popper: hay un mundo de conocimiento objetivo más allá del mundo físico (mundo 1) y el mundo subjetivo (mundo 2). El mundo subjetivo (mundo 2) no es una representación del conocimiento objetivo. La interacción entre el mundo material microscópico (mundo 1) y el portador materializado del mundo 2 produce el mundo 2 compuesto de varias percepciones, y tal interacción puede expresarse como las correlaciones cuánticas entre el mundo microscópico y el mundo de los portadores materializados, aunque tales correlaciones son inciertas¹⁰⁸. Tanto el mundo microfísico como el mundo de los portadores materializados emergen del mundo 1.

Tales correlaciones pueden entenderse como la medición previa del mundo microfísico por parte del portador en ese entorno y el resultado representa simplemente una percepción. Todos estos resultados constituirán un mundo de percepción. La parte objetiva es el mundo de conocimiento objetivo (mundo 3) del microsistema en nuestra teoría, y la parte no objetiva es el mundo subjetivo (mundo 2) para Popper. Por tanto, definimos lo que significa el conocimiento objetivo del mundo microfísico a través de la medición.

Nuestra interpretación de la física cuántica, en el mundo del conocimiento objetivo de Karl Popper, muestra así la teoría del colapso del paquete de ondas como uno de los elementos que a su vez predice los atributos microfísicos descritos por la función de onda. Podemos considerar el mundo del conocimiento objetivo como un medio que conecta el mundo

¹⁰⁷

Cfr. ZUREK, W.H. *Decoherence, Einselection and the quantum origin of the classical*.

¹⁰⁸

Cfr. *Ibid.*

microfísico en mundo 1 y el mundo de los portadores materializados a través de la evolución del conocimiento, y su existencia da como resultado un flujo de información unidireccional desde el mundo microfísico en mundo 1 hasta el portador materializado del mundo 2, permitiéndole conjeturar las teorías científicas que constituyen el mundo 3.

El modelo de los tres mundos asigna conocimiento a un mundo real independiente de los sujetos. El mundo físico, tanto micro como macro, es real y es solo el comienzo de la generación del conocimiento. Así, los procesos que tienen lugar en el mundo 1 permiten y empujan el desarrollo del mundo 2, que les regula y controla; la cognición y conciencia que tiene lugar en el mundo 2 produce las estructuras lógicas y el formalismo matemático, habitantes de mundo 3, que predicen y describen la realidad y procesos primeramente enunciados. Observar y evaluar es una interacción que va de manera bidireccional entre la regulación-control y la predicción-descripción. Así, la teoría cuántica que habita, con su formalismo matemático, en el mundo 3 es en efecto una descripción de la realidad independiente de un sujeto.

CONCLUSIONES

De acuerdo a Popper, la Interpretación de Copenhague no niega la existencia de la realidad ni de los objetos que en ella se encuentran, así como las interacciones producto de estos objetos, ya sean macrofísicos o microfísicos; tampoco reduce la teoría a meras explicaciones o invenciones mentales que permitan comprender los fenómenos, sino que refiere a los procesos de medición e investigación como métodos que nos permiten descubrir la realidad, y de dicha realidad demuestran su objetividad e independencia con respecto del sujeto, tanto así que el mismo ejercicio de medición tiene un impacto real debido a las condiciones mismas de la realidad. La presencia del proceso y objetos de medición no dañan ni alteran el resultado de la realidad de los cuerpos o partículas en medición pues la misma inferencia por parte del sujeto es completamente clasificable y medible; así que, al momento de introducir esta variable y sus correspondientes valores dentro de la ejecución obtendremos resultados precisos y cognoscibles; las condiciones de dichos resultados no son siquiera susceptibles de interpretación metafísica alguna o razón para dictar que el mundo microfísico no es sino una simple invención mental. La interpretación de Copenhague no pone en cuestión la condición de realidad de las partículas subatómicas, sino que nos da las herramientas y métodos para interactuar con dicha realidad. La información que se obtiene, así como el acervo metodológico que constituyen el marco de descubrimiento más próximo a la realidad, solo puede formar parte de contenedores más amplios de información los cuales se expresan de forma estadística y probabilística; la labor de interpretación de estos valores de probabilidad es solo de clasificación y no de condiciones metafísicas.

Constantemente en estos cambios hay teoremas matemáticos generales, formas progenitoras de leyes importantes que permanecen constantes o se transforman en algunas más generales, aparentemente formas más estrictas (como las derivaciones de las leyes básicas de la física clásica de las leyes generales de interacciones físicas que expresamos como leyes de

transformaciones entre elementos). Aunque completamente abstracto, el formalismo matemático es, de hecho, más abstracto que las diferencias habituales entre términos y declaraciones de observación y teoría, esta estabilidad aún podría indicar una aproximación a la estructura más profunda de la realidad.

En la física clásica es imposible interpretar características ontológicas importantes de objetos y estados altamente teóricos o abstractos, como *quarks*, *funciones psi*, *foto-toneladas*, *no localidad cuántica*, *cuerdas*, etc. No se trata de su no-visibilidad, sino de su virtualidad ontológica (su virtualidad no significa su insignificancia). Queda para nosotros expresar al menos matemáticamente ciertos eventos y estados que incluyen interacciones virtuales entre tales objetos. Parece estar claro que una interpretación radicalmente realista de estas interacciones es imposible, pero estas interpretaciones no son del todo justas porque pasan por alto consecuencias significativas y reales de las interacciones virtuales, la posibilidad de su practicidad y aplicabilidad.

Quizá el realismo de Popper es cuestionable al intentar presentar una herramienta infalible para evaluar las teorías científicas, quizá utiliza supuestos ontológicos demasiado simples, como el supuesto de una realidad estructurada que debería ser de alguna manera similar a nuestras mejores teorías.

Para la interpretación de la mecánica cuántica, la investigación de Karl Popper sobre el mecanismo de generación y evolución del mundo del conocimiento objetivo nos exhorta y da herramientas para descubrir la objetividad del mundo microfísico a través del ensayo, el error y la falsación desde la perspectiva evolutiva; nos ayuda a entender la hipótesis del colapso del paquete de ondas bajo el marco conceptual de la mecánica cuántica y a abandonar la conclusión absurda de que la mecánica cuántica apoya la teoría de que la materia y la conciencia son inseparables, y que la materia puede ser modificada por la intervención de la conciencia de un observador. Desde la perspectiva de la teoría de los tres mundos de Karl Popper, se ofrece una interpretación del mundo del conocimiento objetivo del mundo microfísico a

través de un análisis sobre la acción de medir objetiva. Hacemos hincapié en que el portador materializado es una condición necesaria en el mundo 3. Este portador interactúa con una parte del mundo 1 para formar enredos o correlaciones inciertas que constituyen una colección de percepción espiritual, en la que lo objetivo y lo no objetivo, definido estrictamente por la mecánica cuántica, forman el mundo 3 y el mundo 2, respectivamente. La información fluye en los tres mundos y nos muestra que la filosofía moderna y las teorías cuántica y ondulatoria no se excluyen. Así, para los nuevos conceptos e ideas filosóficas, la ciencia moderna proporciona un apoyo académico falsable basado en teorías específicas y experimentos científicos. Para problemas fundamentales en las ciencias naturales, la filosofía proporciona a la ciencia un pensamiento alternativo cuando no tienen salida.

BIBLIOGRAFÍA

BOHM, David. *On Dialogue*. Taylor & Francis Group. 2013. 144pp.

BOHR, Niels. *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza*. Madrid. Alianza Editorial. 1988. 151pp.

_____. Einstein, A. *Born-Einstein Letters (1916–1955): Friendship, Politics and Physics in Uncertain Times*. New York. McMillan Science..2005. 238pp.

BOX, Michael, *The Fundamental Nature of Light, WEA course, 16 August 2016*.<https://www.physlink.com/education/askexperts/ae329.cfm> and <https://journeymanphilosopher.blogspot.com/2011/05/trying-to-understand-schrodingers.html> from which the equation derives.

DIEGUEZ, Antonio. *Realismo científico, Una introducción al debate actual en la filosofía de la ciencia*. Málaga. Servicio de Publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Málaga.1998. 251pp.

EINSTEIN, Albert. *The Collected Papers of Albert Einstein*. Princeton. Princeton University Press.1987. 522pp.

GELL-MANN, M. *Classical equations for quantum systems*. *Physical Review D, Vol. 47 No. 8*. Los Alamos. The American Physical Society. 1993. 38pp.

GLEICK, James. *Genius: Richard Feynman and modern physics*. London. Little, Brown and Company. 1992. 531pp.

GREENE, Brian. *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos*. New York. Alfred A Knopf. 2011. 443pp.

HARRINGTON, P.M, *Quantum Zeno effects from measurement controlled qubit-bath interactions*. Washington. PhysicalReviewLetters,2017, 8pp.

HEISENBERG, Werner. *La parte y el todo: Conversando en torno a la Física Atómica*. Castellón. Ellago Ediciones, 2004. 315pp.

_____. *The development of quantum mechanics, Nobel Lecture(1933-11-11)*

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1932/heisenberg-lecture.html.

KLEIN, Étienne. *La física cuántica*. México, Siglo XXI, 2016, 111pp.

McEVOY, JP. *Introducing Quantum Theory: A Graphic Guide*. Icon Books. 2003. 176pp.

NAVARRO, Jesús. *¿Existe el mundo cuando no lo miras?* Barcelona. RBA Coleccionables. 2012. 174pp.

POPPER, Karl. *La lógica de la investigación científica*. Madrid. Tecnos. 1980. 447pp.

_____. *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Madrid. Tecnos. 1985. 464pp.

_____. *Conocimiento objetivo*. Madrid. Tecnos. 2007. 448pp

_____. *Conjeturas y refutaciones*. Barcelona. Grupo Planeta (GBS), 1994. 512pp.

_____. *El cuerpo y la mente*. Barcelona. Grupo Planeta (GBS). 1997. 206pp.

_____. *Teoría cuántica y el cisma en Física*. Madrid. Tecnos. 2010. 237pp.

_____. *Búsqueda sin término*. Madrid. Tecnos. 2007. 288pp.

_____. *El mito del marco común*. Barcelona. Grupo Planeta (GBS), 2005. 288pp.

_____. *El universo abierto*. Madrid. Tecnos. 2011. 216pp.

_____. *The Self and Its Brain: An Argument for Interactionism*. New York. Routledge. 2014. 616pp.

_____. *La sociedad abierta y sus enemigos*. Barcelona. Grupo Planeta (GBS), 2010. 704pp.

_____. *Is it true what she says About Tarski? Volume 62, Issue 240*. Cambridge. The Royal Institute of Philosophy. 1987. 6pp.

_____. *Creative Self-Criticism in Science and in Art*.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/039219218903714503>

SCHRÖDINGER, Erwin. *Mi concepción del mundo*. Barcelona. Tusquets. 1988. 157pp.

TIPLER, F.J. *Quantum nonlocality does not exist*. PNAS. 2014.
<https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1324238111>

ZUREK, W.H. *Decoherence, Einselection and the quantum origin of the classical*. *Reviews of Modern Physics*. 2003.
<https://public.lanl.gov/whz/images/decoherence.pdf>

ZOUROS, Georgios. *Popper's experiment and the interpretation of quantum mechanics* <https://etheses.lse.ac.uk/2141/1/U613373.pdf>

QURESHI, Tabish, *Understanding Popper's experiment*. *American Journal of Physics* · January 2004
https://www.researchgate.net/publication/2192785_Understanding_Popper's_Experiment