

LA TEORÍA “M” PRESENTADA POR STEPHEN HAWKING Y LEONARD  
MLEDINOW COMO CANDIDATA A TEORÍA COMPLETA DEL UNIVERSO  
DESDE LA PERSPECTIVA DE KARL S. POPPER

Edinson Cueto Quintero

Docente asesor: Gabriel Vargas Duque



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE FILOSOFÍA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.  
Septiembre 30 de 2014

Trabajo de Grado

## Introducción

Los físicos teóricos Stephen Hawking y Leonard Mledinow, mediante la teoría “M” que presentan en su obra *El Gran Diseño* (2010), proponen entretrejer una red de teorías mediante puntos específicos de conexión entre ellas, con el propósito de integrarlas en una sola y así poder dar una explicación unificada y coherente sobre los detalles que abarca el problema del origen del Universo. Sin embargo, debido a que desde la visión epistémica de Thomas Khun no es admisible el acople de esta red de teorías, ni es posible una interpretación conciliadora de las disimiles leyes contenidas en la teoría “M”, este trabajo propone una revisión al enfoque epistemológico de la “inconmensurabilidad” Khuniana. Es decir, proponemos un examen a este presupuesto Khuniano, dado que separa a las teorías científicas (haciéndolas incompatibles o *intraducibles*) en lugar de permitir su unificación, contrariamente a lo propuesta por la teoría “M”. Por lo tanto, se plantea en este trabajo un análisis filosófico-científico con el objetivo de verificar la validez y coherencia de los argumentos que soportan a la teoría “M”, en tanto que esta es una tarea que comporta la filosofía como “verdadera administradora de la razón” (Heidegger, 2004, p 31).

En cuanto a las teorías implicadas en la explicación acerca del origen del universo que presentan los físicos en cuestión, estas operan en diferentes campos en los que cada una se especializa y contribuye a develar el interrogante que más ha inquietado a la raza humana: *el origen del universo*. Sin embargo, a pesar de que estas teorías han sido corroboradas a través de múltiples experimentaciones, no se puede afirmar que sean verdades objetivas sino que provisionalmente han resistido asiduas comprobaciones que confirman el grado de certeza de sus postulados, pues, tal como lo plantea Karl Popper, lo que constituye fundamentalmente la racionalidad de la ciencia es su carácter *crítico* y *progresivo*. Al respecto del carácter *provisional* que se le debe otorgar a las confirmaciones obtenidas por las experimentaciones

de esas teorías, el físico y químico Gaston Bachelard (citado por Llinás, 2007, p. 28) refiriéndose al conocimiento científico expresa lo siguiente:

(...) el conocimiento objetivo nunca está terminado, y como nuevos objetos aportan sin cesar temas de conversación en el dialogo entre el espíritu y las cosas, toda enseñanza científica, cuando es viviente, será agitada por el reflujo del empirismo y del racionalismo”. (Bachelard, 1981, p 289).

Ahora bien, con respecto al hecho de que el conocimiento científico está sometido al progreso constante, Popper justamente plantea que:

Este siempre está abierto a revisión. Consiste en conjeturas comprobables - en el mejor de los casos - conjeturas que han sido objeto de las más duras pruebas, **conjeturas inciertas**. Es conocimiento hipotético, conocimiento conjetural. Este es mi primer comentario, y por sí mismo es una amplia defensa de la aplicación a la ciencia moderna de las ideas de Sócrates: el científico debe tener en cuenta, como Sócrates, que él o ella no sabe, simplemente supone. (Popper, 1991) (<sup>1</sup>).

Al respecto de esta certidumbre aproximada, provisional y no absoluta, y a la posible refutabilidad de las teorías científicas, el astrofísico John Gribbin afirma:

Los científicos menores, y muchos no-científicos, tienen otra idea equivocada. A menudo piensan que el papel de los científicos hoy en día es llevar a cabo experimentos que probarán la exactitud de sus modelos con una precisión cada vez mayor (hacia posiciones con más y más decimales). ¡En absoluto! La razón para llevar a cabo experimentos que demuestren predicciones previas no comprobadas es descubrir donde fallan los modelos. Encontrar defectos en sus modelos es la esperanza abrigada por los mejores científicos, porque esos defectos (cosa que los modelos no pueden predecir con precisión, o explicar con detalle) destacarán los detalles donde necesitamos una nueva comprensión, con modelos mejores, para progresar. (Gribbin, 2007, p 16-17).

---

<sup>1</sup> Conferencia pronunciada por Karl Popper en el acto de ceremonia de su investidura como Doctor Honoris Causa en Universidad Complutense de Madrid en 1991.

Teniendo en cuenta que este trabajo no pretende hacer apología a los físicos cuya teoría analiza, cotejaremos algunos postulados de la física newtoniana y de la teoría de la relatividad general de Einstein, con el objetivo de corroborar si existen puntos de conexión entre ellos e inferir si Hawking & Mledinow aciertan en el hecho de plantear que con el realismo dependiente del modelo fundamentado en el efecto fotoeléctrico de Einstein, que demuestra la condición dual de la luz (onda-partícula), se pueda armar una red de teorías que permitan encontrar intervalos que se solapen entre sí, y que por lo tanto dieran lugar a una conectividad (que permitiría un entendimiento entre ellas) por medio de algunos puntos específicos de las teorías implicadas, que pudieran permitir concluir que se pueden integrar (conectando sus puntos colindantes) en una sola teoría (la teoría “M”).

Se analizará además las críticas que los físicos Hawking & Mledinow le hacen a los filósofos contemporáneos, cuyo quehacer también debe ser la autocrítica:

¿Cómo podemos comprender el mundo en que nos hallamos? ¿Cómo se comporta el universo? ¿Cuál es la naturaleza de la realidad? ¿De dónde viene todo lo que nos rodea? ¿Necesitó el universo un creador? (...) Tradicionalmente, esas son cuestiones para la filosofía pero la filosofía ha muerto. La filosofía no se ha mantenido al corriente de los desarrollos modernos de la ciencia, en particular de la física. Los científicos se han convertido en los portadores de la antorcha del descubrimiento en nuestra búsqueda de conocimiento. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 11).

## **1. Planteamiento y formulación del problema.**

### **1.1. El problema de la investigación.**

**¿Existirá realmente inconmensurabilidad o intraducibilidad entre las teorías físicas que explican el origen del universo?**

**Búsqueda de la conexión lógica entre las disimiles teorías que conforman la teoría “M”:**

La teoría de la inflación plantea una expansión que es mucho más extrema que las predichas por el *Big-Bang* de la teoría de la relatividad general. Sin embargo, al retroceder hasta el estado inicial del universo, su tamaño es demasiado minúsculo (de una milmillonésima de billonésima de billonésima de centímetro). Es aquí donde se hace necesaria la teoría cuántica, pues, esta ópera en el mundo de lo micro. En tanto que la teoría de la relatividad opera en el mundo de lo macro.

Ahora bien, sí el inicio del universo es explicado como un suceso cuántico, para poder justificar un argumento que parta desde su origen hasta su estado actual, necesitaríamos de la combinación de las teorías cuántica y relativista, pues, solo así es posible ir de lo micro a lo macro. De manera que, a partir de la combinación de estas dos teorías se pueda deducir la teoría de la inflación que plantea la explicación del big-bang. Por lo tanto, se requiere de una conexión lógica entre estas tres teorías físicas, de modo tal, que se complementarían mutuamente, a pesar de que cada una opere en diferentes estados y con particularidades muy específicas propias de cada una de ellas. Esto nos llevaría a una necesaria unificación entre ellas.

## **1.2. Descripción del problema.**

Como se puede observar, esta nueva visión epistémica integra las teorías del pasado con las que dieron lugar a las llamadas revoluciones científicas, y no admite la posibilidad de una

cabal o completa inconmensurabilidad. Es decir, de que no se pueden considerar como completamente intraducibles las formulaciones de los físicos del pasado con respecto a las reformulaciones posteriores que plantearon sus sucesores. Sino más bien, que el modelo que utilizaron para interpretar el problema del universo que ellos observaban con sus limitaciones técnicas, a pesar de que presentaba *anomalías* y limitaciones que naturalmente corresponden al estado de la ciencia y las razones que epistémicamente eran posibles en esa etapa de las comunidades científicas, estas formulaciones (en el caso de Ptolomeo y Newton) se ajustan en algunos puntos específicos, si tenemos en cuenta esta nueva perspectiva del “realismo dependiente del modelo”, que nos permite plantear un nuevo enfoque epistémico acerca del estado y origen del universo. Además, en esas épocas pretéritas de la ciencia, como lo comenta el profesor Fidel Llinás (Llinás: 2007): “Se puede decir con certeza que aún no había criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia, pues fácilmente se compaginaba la astrología con la física o con la astronomía, como el caso de Kepler y otros”. Es comprensible también, que muchas de esas teorías con sus anomalías fueran compartidas por miembros (y simpatizantes) de comunidades científicas involuntariamente, dado que eran propias del momento histórico de sociedades religiosas que seguían *una historia de la ciencia* enmarcada en una línea tradicional.

El ejemplo con el que Hawking y Mledinow pretenden explicar *el realismo dependiente del modelo*, es con el más famosamente conocido en la historia de la ciencia, y que ha dado pie para que se empezara a hablar de revoluciones científicas. Nos referimos al modelo geocéntrico de Ptolomeo (Ptolomeo 85-165) versus el modelo Heliocéntrico de Copérnico (Copérnico N. 1473-1543, *De revolutionibus orbium caelestium*), que está explicado en detalle:

Así pues, ¿Qué sistema se ajusta más a la realidad, el ptolemaico o el copernicano? Aunque es bastante habitual que se diga que Copérnico demostró que Ptolomeo estaba equivocado, eso no es verdad. Tal como en el caso de nuestra visión y la de los pececitos en la pecera redondeada, podemos utilizar ambas versiones como modelo de universo, ya que nuestras observaciones del firmamento pueden ser explicadas tanto si suponemos que la Tierra o el Sol están en reposo. A pesar de su papel en los debates filosóficos sobre la naturaleza de nuestro universo, la ventaja real del sistema copernicano es simplemente que las ecuaciones de movimiento son muchos más simples en el sistema de referencia en que el Sol se halla en reposo (Hawking & Mledinow, 2010, p. 50).

Para una mejor comprensión de esta aparentemente controvertida afirmación, transcribimos el ejemplo presentado en la página 47 del texto analizado, sobre la visión del mundo de los pececitos:

HACE ALGUNOS AÑOS el ayuntamiento de Monza, en Italia, prohibió a los propietarios de animales tener pececitos de colores en peceras redondeadas. El promotor de esta medida la justificó diciendo que es cruel tener a un pez en una pecera con las paredes curvas porque, al mirar hacia afuera, tendría una imagen distorsionada de la realidad. Pero ¿cómo sabemos que nosotros tenemos la visión verdadera, no distorsionada, de la realidad? ¿No podría ser que nosotros mismos estuviéramos en el interior de una especie de pecera curvada y nuestra visión de la realidad estuviera distorsionada por una lente enorme? La visión de la realidad de los pececillos es diferente de la nuestra, pero ¿podemos asegurar que es menos real?

La visión de los pececillos no es como la nuestra pero, aun así, podrían formular leyes científicas que describieran el movimiento de los objetos que observan en el exterior de su pecera. Por ejemplo, a causa de la distorsión, los objetos que se movieran libremente, y que nosotros observaríamos en una trayectoria rectilínea, serían observados por los pececillos como si se movieran en una trayectoria curvada. Sin embargo, los pececillos podrían formular leyes científicas que siempre se cumplirían en su sistema de referencia distorsionado y que les permitirían hacer predicciones sobre el movimiento futuro de los objetos de fuera de la pecera. Sus leyes serían más complicadas que las formuladas en nuestro sistema de referencia, pero la simplicidad es una cuestión de gustos. Si los pececillos formularan tal teoría, deberíamos admitir que tienen una imagen válida de la realidad. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 47).

En el caso de la alegórica formulación de teorías científicas por parte de los pececillos, podríamos decir, que si bien la percepción de los objetos que se muevan por fuera de la pecera estaría distorsionada por la curvatura del vidrio, el modelo en el que ellos se basaran para interpretar esa realidad, aunque hiciera más complejas las predicciones de esos movimientos ¿haría acaso incompatible, incomparable o intraducible la predicción de ellos con respecto a

la nuestra? Además, su interpretación de la realidad podrá parecerse limitada y hasta ridícula, pero ¿sería tan diametralmente opuesta a la nuestra como para afirmar que sean incomprensibles o incommunicables? Así mismo podemos razonar que, si la visión del cosmos desde el modelo ptolemaico era bastante reducida y equivocada con respecto al modelo copernicano, no podríamos afirmar que esa realidad cambió con la revolución copernicana, pues, si bien se amplió esa visión del cosmos, sigue siendo la misma desde los dos modelos. Con respecto a este punto (el modelo geocéntrico versus el modelo heliocéntrico), el profesor Fidel Llinás al referirse a las diferencias entre los dos modelos, afirma lo siguiente:

Las dos teorías, tanto la de Ptolomeo como la Copérnico, en su sentido predictivo y explicativo eran igualmente satisfactorias para dar razón de las apariencias, sin embargo, el copernicanismo era más armonioso, coherente y natural que el engorroso y complicadísimo sistema de epiciclos y deferentes de Ptolomeo (Llinás Zurita F, 2007, p. 84).

Hawking desde 1992 vislumbraba esta nueva visión conciliadora de las teorías científicas:

En la práctica, lo que sucede es que se construye una nueva teoría que en realidad es una extensión de la teoría general. Por ejemplo, observaciones tremendamente precisas del planeta Mercurio revelan una pequeña diferencia entre su movimiento y las predicciones de la teoría de la gravedad de Newton. La teoría de la relatividad general de Einstein predecía un movimiento de Mercurio ligeramente distinto del de la teoría de Newton. El hecho de que las predicciones de Einstein se ajustaran a las observaciones, mientras que las de Newton no lo hacían, fue una de las confirmaciones cruciales de la nueva teoría. Sin embargo, seguimos usando la teoría de Newton para todos los propósitos prácticos ya que las diferencias entre sus predicciones y las de la relatividad general son muy pequeñas en las situaciones que normalmente nos incumben. (¡La teoría de Newton también posee la gran ventaja de ser mucho más simple y manejable que la de Einstein!). (Hawking, 1992, p. 28).

Esta singular opción de usar en ciertos casos las fórmulas de Newton en lugar de las de Einstein, también la explica Gribbin en su texto:

El modelo de gravedad de Albert Einstein, basado en su teoría general, explica lo mismo que el modelo de Newton, pero *también* explica esos detalles sutiles de órbitas planetarias y curvatura de la luz. En ese sentido, es un modelo mejor que el anterior, y hace predicciones

correctas (en particular, sobre el universo en general) que el viejo modelo no hace. Pero el modelo de Newton es todavía lo que se necesita si se está calculando el vuelo de una sonda espacial desde la Tierra hasta la Luna. Se *podrían* hacer los mismos cálculos usando la relatividad general, pero sería más tedioso y daría la misma respuesta, de modo que ¿por qué molestarse? (Gribbin, 2007, p 17-18).

### **1.3. Formulación del problema.**

Ante la posibilidad de que la teoría “M” conduzca a la modificación de la inconmensurabilidad propuesta por Kuhn, nos llevaría hacia un nuevo enfoque epistémico como modelo de la historia de la ciencia y de la filosofía de la ciencia. Lo anterior, debido a que la visión epistémica khuniana no permitiría el acople de la red de teorías que contribuyen a una interpretación conjunta de las disimiles leyes que regulan el universo a nivel micro y macro, y con las cuales se logra una explicación muy aproximada acerca del origen del universo (objeto principal de la teoría “M”). Y dado que es posible explicar el hecho de que dos teorías den respuesta a un mismo fenómeno (como por ejemplo en la condición dual onda-partícula de la luz), no podemos admitir la propuesta de inconmensurabilidad de Kuhn. Por lo tanto, se hace inminente una imperiosa revisión de la teoría “M”, con el fin de verificar la conmensurabilidad planteada en esta teoría.

El método utilizado, y el estado actual de las investigaciones de estas teorías presentadas por los autores analizados en su obra *El Gran Diseño*, y que proponemos analizar en este trabajo, despliega una visión tal, que impulsa a intentar desde la filosofía de la ciencia, explorar una posible compatibilidad entre estas diversas y disimiles teorías. En esta obra, el “realismo dependiente del modelo” está enfocado en hallar la conexión entre estas teorías y en proponer una conmensurabilidad entre ellas. Esto convierte a la teoría “M” en una teoría revolucionaria. Denominación que curiosamente es utilizada por Kuhn para denominar a

aquellas teorías innovadoras y que desplazan a las anteriores por carecer de una conexión racional entre sí.

## **2. Justificación.**

Se precisa una exploración analítica de la teoría “M”, e intentar su consideración por parte de las teorías de los filósofos de la ciencia, pues, esta teoría conceptualiza de manera excepcional sobre la materia física, el espacio-tiempo y el origen del universo. Se requiere además, confirmar la verosimilitud de las diferentes teorías físicas que la componen, y la validez de los argumentos que la soportan. Revisar hasta donde estas han sido corroboradas empíricamente a través de experimentos realizados.

Además, el creciente auge de la física cuántica y la relativista, y sus contribuciones a develar los interrogantes acerca del origen del universo y de la constitución de la materia ¿no hará necesario su estudio y consideración por parte de la filosofía de la ciencia?

Se hace necesario observar también, si la teoría “M” cumple con el objetivo propuesto por sus autores. Es decir, si es posible asociar o conectar diferentes teorías al igual que en un mapa geodésico, o si por el contrario constituye una visión equivocada de interpretación del origen del universo y de las leyes de la naturaleza.

Con el argumento del *realismo dependiente del modelo* aplicado a las teorías científicas vigentes, se abre la posibilidad de que todas las teorías se puedan integrar en una sola mediante la red que las interconectaría en algunos puntos específicos (donde se solapan).

Tal vez muchos científicos, filósofos e historiadores de la filosofía de la ciencia propugnen porque se le de validez a una sola teoría; y la tendencia a través de la historia de la ciencia ha sido esa. Sin embargo, desde la perspectiva de la teoría “M” que pretende justificar este trabajo, la visión intuitiva del futuro de la ciencia y de la filosofía de la ciencia es que se requiere de más de una teoría, pero integradas e interconectadas en una red de teorías, para así lograr encontrar una explicación general acerca del origen del universo. Por lo tanto, esta justificación también incluye una revisión a la teoría del *big-bang*, dado que esta presenta una explicación del origen del universo y se ajusta de manera lógica con las observaciones astronómicas realizadas hasta el momento.

### **3. Objetivo generales.**

Revisar la pertinencia y racionalidad de la teoría “M” en cuanto a integradora de las teorías físicas. Apoyándonos en el “realismo dependiente del modelo” presentado por los autores de esta teoría, plantear en el proyecto final la imposibilidad de la “inconmensurabilidad”. Este objetivo general nos permitirá, además de una comprensión lo más aproximada posible de la teoría “M”, interpretar con simpleza, pero con criterio objetivo las teorías de Newton y Einstein. De modo que, mediante una observación detallada sobre la mecánica clásica newtoniana y la relativista einsteniana, aplicando el método deductivo y la factorización matemática, intentar hallar consideraciones claras y argumentos matemáticos para demostrar la conmensurabilidad entre estas desiguales teorías físicas existentes.

#### **3.1. Objetivos específicos.**

Determinar si existen elementos de juicio para otorgarle validez a las críticas que plantean los físicos teóricos a los filósofos contemporáneos, y por tanto, reflexionar sobre si realmente la filosofía está cumpliendo con su papel en cuanto a la definición heideggeriana de ser la

“verdadera administradora de la razón”, y en cuanto a la definición planteada por Hawking sobre la ocupación de los filósofos “preguntarse el *por qué*”:

Hasta ahora, la mayoría de los científicos han estado demasiado ocupados con el desarrollo de nuevas teorías que describan *cómo* es el universo para hacerse la pregunta *de por qué*. Por otro lado, la gente cuya ocupación es preguntarse porqué, los filósofos, no han podido avanzar al paso de las teorías científicas. En el siglo XVIII, los filósofos consideraban todo el conocimiento humano, incluida la ciencia, como su campo, y discutían cuestiones como ¿tuvo el universo un principio? Sin embargo, en los siglos XIX y XX, la ciencia se hizo demasiado técnica y matemática para ellos, y para cualquiera, excepto para unos pocos especialistas. Los filósofos redujeron tanto el ámbito de sus indagaciones que Wittgenstein, el filósofo más famoso de este siglo, dijo: “la única tarea que le queda a la filosofía es el análisis del lenguaje”. ¡Que distancia desde la gran tradición filosófica de Aristóteles a Kant! (Hawking, 1992, p. 223).

Además, este trabajo propone analizar la teoría “M” desde la perspectiva de Karl Popper.

Con los textos apropiados de física y filosofía, ya debidamente seleccionados, desarrollaremos un análisis teórico-conceptual, aplicando el método hipotético-deductivo, para sucesivamente a través del análisis cualitativo de cada uno de los capítulos del proyecto, ir encontrando los elementos de juicio que permita llegar a una conclusión ajustada al objetivo principal planteado en este proyecto: sí existe inconmensurabilidad o conmensurabilidad entre las teorías físicas y sí son válidos los argumentos de la teoría “M”.

## Capítulo I

Antes de iniciar la exposición del marco teórico de la teoría “M” planteada por los físicos teóricos Stephen Hawking y Leonard Mledinow como candidata a teoría Completa del

universo, en su obra *El Gran Diseño* (Hawking & Mledinow, 2010), entraremos a dilucidar en este primer capítulo lo que para Karl Popper podría ser considerado como verdad científica, dado que este trabajo pretende analizar dicha teoría desde la visión popperiana. De manera que realizaremos una exploración semántica y filosófica sobre lo que comúnmente es considerado como *verdad* para la física actual y lo que plantea Popper al respecto. Por lo tanto, analizaremos los argumentos de los físicos actuales acerca de la materia y el origen del universo, teniendo en cuenta los criterios de demarcación postulados por Popper en su obra *Conjeturas y Refutaciones* (Popper: 1994).

### **1. Las características de una teoría auténticamente científica.**

“Con la palabra «cierto» expresamos la convicción absoluta, la ausencia de cualquier tipo de duda, y tratamos de convencer a los demás”. Wittgenstein.

¿Los fundamentos de una teoría científica pueden ser considerados como verdades o conocimiento objetivamente cierto? ¿Cómo puede un científico afirmar que sabe las cosas que piensa que sabe? ¿Qué es lo que hace que las teorías científicas de nuestros tiempos sean consideradas mejores que las del pasado? ¿Qué es lo que sabe la ciencia acerca del universo y cómo es que lo sabe?

Las teorías más recientes acerca de la composición de la materia y el origen del universo, y los experimentos que han permitido corroborar sus postulados, nos permiten obtener sólo respuestas parciales a algunas de esas antiguas preguntas. Sin embargo, no hay duda de que, así como nosotros hallado insuficiencia en las respuestas que fueron planteadas en el pasado por la ciencia, llegará el día en que las respuestas actuales que nos suministran nuestros más

avezados científicos del presente, parecerán inconclusas e irregulares en el futuro. Ante la posibilidad de que eso suceda, debemos admitir como un hecho necesario, el establecimiento de un criterio de demarcación que nos permita darle un grado aceptable de verosimilitud a las teorías actuales. Esta verosimilitud que le otorgamos a las teorías actuales, sólo es temporal, pues como bien se sabe, la evolución del conocimiento humano a pesar del grado avanzado en que se encuentra no ha concluido, y tal vez nunca llegué a su final. En este orden de ideas, si analizamos cuanto ha avanzado la ciencia desde el pasado hasta el presente (podríamos decir: *desde Ptolomeo hasta Hawking*), teniendo en cuenta su acelerado avance en los últimos 100 años, e imaginamos su proyección hacia el futuro, entonces es posible especular sobre probables conexiones e inconmensurabilidades entre las teorías actuales y sus futuras reformulaciones. Lo anterior nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta: ¿a qué le podríamos llamar certidumbre científica? A tal interrogante cabe la siguiente respuesta: podemos llamar certidumbre científica a la función de correspondencia entre la carga informacional contenida en los argumentos de las teorías científicas y los experimentos que se realizan de acuerdo a modelos determinados; lo cual permite establecer provisionalmente que los argumentos de tales teorías son válidos o ciertos. Enunciamos esta respuesta teniendo en cuenta que los seres humanos hemos desarrollado la capacidad necesaria para comprender que el conocimiento humano por muy preciso que sea, jamás podrá tener la pretensión de ser absolutamente cierto. La ciencia actúa conforme a métodos establecidos, por acuerdos entre los experimentadores y por la edificación y la visión que los mismos descubrimientos científicos han permitido guiar la investigación. Lo cual garantiza que la ciencia sea objetiva en su proceder, pero no en cuanto al conocimiento *per sé* que logra consolidar en el desarrollo de su trabajo. Pero, aun afirmando que la ciencia sea objetiva en su proceder, es preciso admitir que los métodos utilizados actualmente podrían ser modificados en el futuro, arrojando resultados diferentes a los experimentos actuales sobre la materia y el origen del

universo. A pesar de esto, para evitar caer en confusión o desconcierto, se requiere de un principio o acuerdo básico en el proceder científico: no dudar del método científico, aunque sí de los resultados. Así lo manifiesta Mledinow en su libro compartido con Chopra: “Sí, los científicos y la ciencia son falibles. Aun así, estas razones no llevan a dudar del método científico, sino que conducen a la necesidad de seguirlo tan escrupulosamente como sea posible” (Chopra & Mledinow, 2012, p. 32). Es natural que así sea, pues sin otorgarle este voto de confianza a su método, la ciencia carecería de orden y orientación, y sería ambigua tanto en proceder como en sus resultados.

Esta credibilidad en su método fue lo que permitió que la mecánica clásica, la mecánica cuántica y la relatividad general obtuvieran los resultados que corroboraron la eficacia de sus argumentos y de su propio método. Sin embargo, esto no quiere decir que si fallan los resultados de los experimentos, necesariamente el método esté errado, pues bien podría ser que la teoría posea fallas. Al igual que también se puede dar el caso, tal como lo afirman Hawking & Mledinow (2012): “Pero diferentes teorías pueden describir satisfactoriamente el mismo fenómeno a través de marcos conceptuales diferentes” (p. 53). Ahora bien, el método que utilizaron las teorías mencionadas, no sólo demostraron que las teorías eran acertadas, sino que su método era ordenado, coherente y preciso, pues los experimentos fueron repetidos múltiples veces, arrojando los mismos resultados. Es decir, la aplicación del método no solo permite la correspondencia entre los argumentos de la teoría y los experimentos realizados, sino también la asertividad del método. Lo cual indica que la verificación del método per sé, es su propia aplicabilidad. A pesar de las dudas acerca de su eficacia, Mledinow afirma: “La historia demuestra que el método científico funciona” (Ibíd.). Además, los postulados de estas teorías se ajustan coherentemente a la dinámica interpretativa que ha permitido intentar conocer nuestra realidad física. Aunque esta sea *una interpretación válida de la realidad*

física del mundo, no se puede afirmar que sea *la interpretación de la realidad física*. Por lo tanto, estas teorías no están constituidas por verdades objetivas absolutas. Ahora bien, estas teorías hacen importantes equivalencias entre las relaciones empírico-rationales que conforman las leyes de la física y *nuestras percepciones acerca de la realidad material de nuestro mundo*.

Sin embargo, la correspondencia entre las teorías científicas y nuestra percepción de la realidad física sólo posee una relación que las hace formalmente válidas (temporalmente) según nuestro método de aprehensión del conocimiento. Por lo tanto, sólo desde este punto de vista constituyen *una verdad*. Una verdad, pero no *la verdad*. Es decir, son una verdad, pero en cuanto a que cumplen una función relacional que media entre la carga informacional expresada matemáticamente y nuestra percepción del mundo material, aunque la materia no posea un estado de realidad definido. Ahora bien, los postulados de estas teorías mencionadas tienen propiedades abstractas y propiedades físicas, dado que por su relación con los datos empíricos dejan de ser abstractas y puramente formales, pues, confluyen hacia una realidad tangible: la materia física. De esta manera, estas teorías coadyuvan a priori a la compleja búsqueda de comprensión de la realidad material

De modo que sólo las creencias religiosas, que rehúsan el cuestionamiento y la duda sistemática, tienen la ilusa pretensión de ser verdades absolutas. El ejercicio de la duda, es un ejercicio saludable para el conocimiento, pues busca encontrar un piso firme para éste, a través de las probables reinterpretaciones y modificaciones de sus explicaciones en diferentes contextos de la ciencia y del flujo dinámico del tiempo. Toda comprensión confiable de un conocimiento sólo es posible si iniciamos dudando de todo aquello de lo que se pueda dudar y

paso a paso intentamos ir removiendo todas esas dudas hasta llegar a conclusiones fiables, aunque nunca lograremos una certeza absoluta.

De manera que en este sentido, se debe dudar de los postulados de una teoría, dado que con ello es posible contrarrestar el engaño seguro en que podríamos incurrir. Por lo tanto, la duda *no nihilista* es una oportuna apertura a la búsqueda de un conocimiento que sea verosímil. En este orden de ideas, y desde el punto de vista epistemológico, no hay conocimiento objetivo en ninguna de las teorías físicas que analizamos en este trabajo. De manera que plantear un conocimiento objetivamente cierto, además de convertirlo en creencia subjetiva, constituye una forma de engaño en cuanto a la interpretación de nuestra realidad material. Con respecto a este tipo de engaño, cabe aquí recordar las palabras del legendario físico del Caltech, Richard Feynman: “El primer principio es que no puedes engañarte, y eres muy fácil de engañar” (Chopra & Mledinow, 2012, p. 36). Por lo tanto, el papel que juega el método científico en la ciencia actual, es el de intentar validar provisionalmente los postulados de una teoría específica, orientando las investigaciones hacia la búsqueda de posibles fallas en ella, descartando dudas, en lugar de pretender demostrar supuestas verdades que llevarían a los científicos a incurrir en un comportamiento característico de la psicología de los seres humanos: la tendencia a crear patrones que predispongan la investigación a encontrar corroboraciones en la teoría analizada, pues cuando éstas se dan (las corroboraciones) se asume que surgieron por una buena causa. Según Popper, las expectativas (conscientes o inconscientes) y las teorías definidas por el investigador influyen en las respuestas resultantes. De esta manera, si se busca la verdad como principio, se crearía una estructura mental que predispondría la certeza subjetiva del investigador a descubrir supuestos conocimientos de carácter objetivo. Lo cual, naturalmente lo haría descubrir sorprendentes conexiones lógicas entre la teoría y los experimentos que realiza. Es decir, que se terminaría descubriendo lo que

se quiere descubrir y no lo que realmente se podría descubrir. Leonard Mledinow advierte con agudeza sobre este aspecto clave del método científico:

Deepak dice que la ciencia nunca ha alcanzado la objetividad pura, y tiene razón. El hecho es que los conceptos empleados en la ciencia son concebidos por el cerebro humano. Puede que los alienígenas con estructuras cerebrales distintas, con procesos de pensamiento y órganos de los sentidos diferentes, puedan ver las cosas desde puntos de vista completamente distintos pero igualmente válidos. Y si existe un cierto tipo de subjetividad en nuestros conceptos y teorías, también existirá subjetividad en nuestros experimentos. De hecho, los experimentos que se han realizado a los experimentadores demuestran que los científicos tienen una tendencia a ver lo que quieren ver, y a convencerse con datos que quieren encontrar convincentes. Sí: los científicos y la ciencia son falibles. Aun así, estas razones no llevan a dudar del método científico, sino que conducen a la necesidad de seguirlo tan escrupulosamente como sea posible. (Chopra & Mledinow, 2012, p. 32).

Es preciso agregar en este punto, que tal como lo plantea John Gribbin (2007): “Bohr había dejado claro que un modelo no tiene que tener sentido para ser un buen modelo; el único requisito es hacer predicciones (basadas en matemáticas sólidas y física observada) que encajen con el resultado de los experimentos” (p.23).

Como se observa, puede resultar tan engañoso dirigir la aplicación del método científico hacia la confirmación de una teoría (es decir con una intención predispuesta), como también negar de antemano la falibilidad de una teoría. Por tales razones, Popper afirma en el primer punto de sus consideraciones formuladas en su obra “Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico”, específicamente en las conclusiones del invierno de 1919-20:

Es fácil obtener confirmaciones o verificaciones para casi cualquier teoría, si son confirmaciones lo que buscamos.

(...)

5. Todo genuino test de una teoría es un intento por desmentirla, por refutarla. La testabilidad equivale a la refutabilidad. Pero hay grados de testabilidad: algunas teorías son más testables, están más expuestas a la refutación que otras. Corren más riesgos, por decir así. (Popper, 1994, p. 61).

Sin embargo, si bien es cierto que, tal como lo afirma Miedinow “los científicos no están casados con un solo método” (Chopra & Miedinow, 2012, p. 89), y que no buscan la verdad sino la falsedad en sus teorías, también lo es, que las confirmaciones que se logren con los métodos aplicados, a pesar de conceder fiabilidad a la investigación, no implica que los resultados de esos experimentos puedan adquirir el grado de verdad, dado que toda “buena” teoría podría arrojar datos contradictorios por el riesgo implícito de que sus predicciones fallen, y ante el posible surgimiento de nuevos experimentos que sean incompatibles con la teoría, y que lleven a la refutación de ésta. Popper lo explica de esta manera:

Las confirmaciones sólo cuentan si son el resultado de predicciones riesgosas, es decir, si, de no basarnos en la teoría en cuestión, habríamos esperado que se produjera un suceso que es incompatible con la teoría, un suceso que refutara la teoría.

(...)

6. Los elementos de juicio confirmatorios no deben ser tomados en cuenta, excepto cuando son el resultado de un genuino test de la teoría; es decir, cuando puede ofrecerse un intento serio, pero infructuoso, de refutar la teoría (en tales casos, hablo de “elementos de juicio corroboradores”). (Popper, 1994, p. 60-61)

Según Popper, el criterio de refutabilidad o testabilidad que se debe aplicar a las teorías para que puedan alcanzar el rango de teorías científicas, establece que sus postulados o enunciados “deben ser susceptibles de entrar en conflicto con observaciones posibles o concebibles”.

Popper (1991), en la conferencia pronunciada con motivo de su investidura como doctor honoris causa por la Universidad Complutense de Madrid, expone las condiciones sobre el carácter falsable de las teorías consideradas científicas de la siguiente manera:

Sobre todo, deberíamos entender que nunca podremos estar seguros de haber llegado a la verdad; que tenemos que seguir haciendo críticas, autocríticas, de lo que creemos haber encontrado y, por consiguiente, tenemos que seguir poniéndolo a prueba con espíritu crítico; que tenemos que esforzarnos mucho en la crítica y que nunca deberíamos llegar a ser

complacientes y dogmáticos. Y también debemos vigilar constantemente nuestra integridad intelectual que junto con el conocimiento de nuestra falibilidad, nos llevará a una actitud de autocrítica y de tolerancia. (Popper, 1991).

De manera que, sí decimos que una teoría es objetiva es sólo en el sentido de que los pasos que permiten postular sus argumentos se rigen por un método fiable, y sí decimos que es correcta queremos decir con ello que, de momento la refutabilidad o testabilidad a la que ha sometido no ha obligado a sus proponentes a reformular la correspondencia entre sus postulados y los experimentos realizados para corroborarla. En este orden de ideas, si aceptamos que los argumentos de una teoría no están basados en un conocimiento absolutamente cierto, entonces sólo podemos convenir acerca de ellos en que se supone que son ciertos, y que debido al auge del conocimiento (propio de nuestra época) son susceptibles de ser reformulados en el tiempo, (tal vez en muy corto tiempo). Así lo plantea Popper (1991): “(...) Ya no se le permite a nadie pensar que su conocimiento está al día, ni siquiera en el campo en el cual hubiera sido el líder la semana pasada” (ibíd.). Por lo tanto, se puede afirmar que desde esta perspectiva popperiana todas las teorías que conforman a la teoría “M” postulada por Hawking y Mledinow son falsas, dado que cualquier conclusión terminante o definitiva que les otorguemos en el presente posee el riesgo ineludible de resultar falsa en el transcurso del tiempo. De manera que para Popper, ninguna teoría puede ser considerada como una verdad.

Cuando Newton presentó su desarrollo del Calculo infinitesimal entre 1665 y 1666 y sus Principios Matemáticos de la filosofía natural en 1687 (que contenía el resumen más completo y avanzado acerca de la Ley de la Gravedad) causó un gran impacto intelectual en su época, y estas teorías adquirieron la fuerza de una verdad entre los contemporáneos de Newton. Sin embargo, en 1905 Einstein con su teoría de la relatividad especial estructura un

nuevo modelo que elimina los conceptos de tiempo absoluto. En tal sentido, Hawking & Mledinow (2010) explican que:

En consecuencia, la teoría de la gravitación de Newton no era consistente con la relatividad especial y tenía que ser modificada.

(...) En los once años siguientes, Einstein desarrolló una nueva teoría de la gravedad, que denominó relatividad general. El concepto de la gravedad en la relatividad general no es en absoluto como el de Newton, sino que está basado en la propuesta revolucionaria de que el espacio-tiempo no es plano como había sido supuesto anteriormente, sino que está curvado y distorsionado por la masa y energía que contiene. (p. 115-116).

Posterior a estas modificaciones a la física clásica mediante la relatividad general de Einstein, surge una nueva perspectiva para la ciencia: la necesidad de unificar las teorías.

## **2. La idea de unificación: Teoría de Todo (o Teoría de Cuerdas) y “Teoría M”.**

Uno de los autores que para el objetivo de este trabajo de grado (se ha hallado) dilucida el planteamiento del problema de la unificación de las teorías es Brian Greene <sup>(2)</sup>, quien explica en su libro *El universo elegante*, la manera en cómo las teorías de la relatividad y de la mecánica cuántica, nos han llevado a la necesidad de buscar una teoría que armonice los postulados de ambas, unificándolas en una gran teoría, que para él, fue un propósito que persiguió Einstein en sus últimos años de vida, y la que algunos científicos creen haber hallado en la teoría de las supercuerdas <sup>(3)</sup>. Tal como lo explica Green a continuación, la nueva teoría debería unificar los pilares de la física actual:

---

<sup>2</sup> Brian Greene: profesor de física y matemática en la Universidad de Columbia, ampliamente reconocido por sus argumentos a favor de la teoría de supercuerdas, investigador en más de una veintena de países.

<sup>3</sup> Teoría desarrollada en detalle por Brian Greene en el libro *El universo elegante, Supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de una teoría final* de Editorial Crítica.

Esta teoría vendría a unificar esos dos grandes pilares de la física actual, el cuántico y el gravitacional, al suponer que todo lo que sucede en el universo surge de las vibraciones de una única entidad: microscópicos lazos de energía que se encuentran en el auténtico núcleo de la materia y que habitan en espacios de dimensiones superiores a las cuatro del espacio-tiempo einsteiniano. (Green, 2006, p.3).

Otro de los físicos que en su trabajo se ha ocupado de la unificación es John Gribbin, quien en su obra *Biografía del universo* (Gribbin, 2007)<sup>4</sup>, expone que a principio de los años noventa, el físico Ed Witten (1995) (<sup>5</sup>), siguiendo la iniciativa de muchos físicos teóricos de querer estructurar la “teoría de las cuerdas”, le añadió una dimensión extra a ésta, e intentó demostrar que las seis teorías candidatas a conformar la *Teoría del Todo* poseían aspectos que las diferenciaban entre sí, pero que encajaban dentro de un modelo maestro al que le llamó Teoría “M”. Aunque Gribbin no se explica porque razón Witten utiliza la letra “M” en su teoría, explica que esta nos ayuda a entender el universo en que vivimos, partiendo desde el estado de presión y de temperatura extremadamente alta, de donde surge el *Big Bang*, el cual ha sido corroborado por las observaciones de la astrofísica, cuyas experimentaciones también son aplicadas a la teoría de partículas (la cosmología y la física de partículas se han unido para convertirse en física de astropartículas). Según Gribbin, el siguiente paso lógico después de que Witten planteara la teoría “M”, sería especular respetablemente acerca de la pregunta más antigua de todas ¿de dónde vino todo?:

La cosmología y la física de partículas se han unido para convertirse en física de astropartículas. De modo que el siguiente paso lógico para probar el comportamiento de la materia en las más pequeñas escalas es mirar hacia afuera en el espacio al comportamiento de

---

<sup>4</sup> John Gribbin es un científico británico nacido el 19 de Marzo de 1946 en Maidstone. Se graduó en física en la Universidad de Sussex en 1966, obtiene una maestría en ciencias de la astronomía en la misma universidad en 1967, y en 1971 se doctora en astrofísica en la Universidad de Cambridge.

<sup>5</sup> Edward Witten es físico y matemático nacido el 26 de Agosto de 1951 en Baltimore-USA. Hijo de Louis Witten, físico que se especializó en la gravitación y la relatividad general. Desarrolló la mayor parte de su labor científica en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Se le deben a Witten grandes contribuciones a la física teórica de las partículas elementales y a la teoría cuántica de campos.

la materia en las escalas más grandes, la escala del mismo universo, e investigar de donde viene todo. Habiendo establecido lo que sabemos sobre las leyes de la física, y lo que *pensamos* que sabemos, es hora de aplicar ese conocimiento a la biografía el universo – la historia de cómo conseguimos estar aquí hoy. (Gribbin, 2007, p. 62).

Otro físico que permite llegar a la deducción acerca de la pertinencia de la unificación entre las diferentes teorías científicas es Paul Davies, quien puntualiza que, aunque disimiles entre sí, la combinación entre teorías (la mecánica cuántica y la Relatividad General) logra dar una explicación más concisa y coherente acerca de la materia a pequeña y gran escala:

Evidentemente, los mundos macroscópico y microscópico se hallan íntimamente entrelazados. No hay ninguna esperanza de comprender por completo la materia sólo a partir de sus partículas constituyentes. Únicamente el sistema en conjunto da expresión concreta a la realidad microscópica. Lo grande y lo pequeño coexisten. Uno no se incluye completamente en el otro, ni el otro “explica” completamente al primero. (Davies, 1985, p. 37).

Por su parte, Hawking en su exitosa obra publicada en 1992, “Historia del Tiempo” comenta al respecto la posibilidad de una teoría unificada:

No obstante, si descubrimos una teoría completa, con el tiempo habrá de ser, en sus líneas maestras, comprensible para todos y no únicamente para unos pocos científicos. Entonces todos, filósofos, científicos y la gente corriente, seremos capaces de tomar parte en la discusión de por qué existe el universo y por qué existimos nosotros. Si encontrásemos una respuesta a esto, sería el triunfo definitivo de la razón humana, porque entonces conoceríamos el pensamiento de Dios. (p. 224).

Para concluir este punto de nuestro trabajo, relacionaremos la última frase con la que finaliza la obra analizada en este trabajo, la cual pretende reforzar lo argumentado en la Teoría “M”:  
“Si la teoría es confirmada por la observación, será la culminación de una búsqueda que se remonta a más de tres mil años. Habremos hallado el Gran Diseño” (Hawking & Mledinow, 2010, p. 204)

### 3. La inflación y el big bang implicados en la teoría "M".

La teoría aceptada universalmente por la ciencia, para explicar el origen del universo es, hasta estos momentos, la teoría del *Big Bang*. La idea de un universo en expansión surge a partir de la Teoría General de la Relatividad de Einstein. Sin embargo, existe otro antecedente histórico de esta teoría a partir de las investigaciones de Vesto Slipher (1875–1969), un astrónomo norteamericano que en 1912 logró obtener 41 espectros de la luz proveniente de las galaxias exteriores a la Vía Láctea, de las cuales, 31 presentaban cambios de tonalidad hacia el rojo del espectro de hidrogeno. Esto fue interpretado por Slipher como un probable alejamiento de esas galaxias con respecto a la nuestra. Posteriormente, con el propósito de hallar una explicación a este movimiento de alejamiento de esas galaxias, el astrónomo y sacerdote belga, Georges Henry Lemâitre (1894–1966), luego de revisar exhaustivamente los trabajos de Slipher y la Relatividad General de Einstein, desarrolló en el año 1927 unas ecuaciones que le llevaron a la Hipótesis del Átomo Primitivo, cuyo planteamiento suponía que, dado que las galaxias se están alejando, si retrocedemos lo suficiente en el tiempo, llegaremos hasta el estado inicial del universo. Y plantea entonces que todas las galaxias estarían juntas, de modo que toda la materia-energía conocida, y el espacio-tiempo, convergen en un estado primitivo de muy alta densidad y condensación. A partir de ese estado comprimido del universo se da, lo que Lemâitre llamó: *El Trueno de una Gran Explosión*, con el cual se da inicio al suceso de la creación. Esta hipótesis resultó ser provocadora, pues se trataba de una época en donde se creía que el universo era estático (cuya creencia era compartida por Einstein) y había existido siempre. Además, las ecuaciones de Lemâitre y los espectros de luz de Slipher constituían una evidencia indirecta y de poco peso.

Posterior a Lemâitre, Edwin Hubble (1899-1953) en 1929 postula la Ley de Hubble: *las galaxias se alejan de nosotros con velocidad proporcional a su distancia*. Hubble con un telescopio de cien pulgadas del observatorio de Monte Wilson, en Pasadena- California, analizó el espectro de la luz que emiten las galaxias y “determinó que prácticamente todas ellas se están alejando de nosotros, y que cuanto más lejos están con mayor velocidad se mueven” (Hawking & Mledinow, 2010, p. 142). Pero es preciso aclarar a qué clase de expansión nos estamos refiriendo, pues tal como lo exponen Hawking & Mledinow:

Por ejemplo, no queremos decir que se esté expandiendo de la manera en que, por ejemplo, expandiríamos una casa, empujando las paredes hacia afuera y situando una nueva sala de baño donde antes hubo un majestuosos roble. Más que *extenderse* el propio espacio, lo que está creciendo es la distancia entre dos puntos cualesquiera *dentro* del universo. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 143)

Más adelante, estas ideas concernientes a un universo en expansión, que poco a poco le fueron dando más piso a la futura teoría del *Big Bang*, llevaron a Arthur Eddington (<sup>6</sup>) en 1931 a visualizar el universo como la superficie de un globo que se está expandiendo y las galaxias como puntos sobre dicha superficie. Una imagen que arroja claridad del porqué las galaxias que se encuentran más lejanas a las nuestra se alejan más rápidamente que las cercanas. Hawking & Mledinow lo detallan así:

Por ejemplo, si el radio del globo se duplicara cada hora, la distancia entre dos “galaxias” cualesquiera sobre el globo se duplicaría cada hora. Si en un cierto instante dos galaxias estuvieran separadas un centímetro, una hora después estarían separadas dos centímetros y parecería que se están separando la una de la otra con un ritmo de un centímetro por hora. Pero si inicialmente hubieran estado separadas dos centímetros, una hora después estarían separadas cuatro centímetros y parecería que se están separando entre sí a un ritmo de dos

---

<sup>6</sup> Sir Arthur Stanley Eddington (28 de diciembre de 1882 en Kendal-22 de noviembre de 1944 en Cambridge), astrofísico de la Universidad de Cambridge muy conocido en la primera mitad del siglo XX por su destacado trabajo acerca de la Teoría de la Relatividad. En 1919 escribió un artículo titulado: Report on the relativity theory of gravitation (Informe sobre la teoría relativista de la gravitación), con el fin de explicar la Teoría de la Relatividad de Einstein al mundo anglosajón, debido a que, por causa de la Primera Guerra Mundial, los avances científicos alemanes no eran muy conocidos en Gran Bretaña.

centímetros por hora. Esto es precisamente lo que Hubble descubrió: cuanto más lejos se halla una galaxia, más velozmente se aleja de nosotros. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 143-144).

Es importante aclarar que la expansión del espacio que separa a las galaxias, no les agranda el tamaño, dado que esta *extensión* del espacio no afecta la materia que las constituye ni a aquellos elementos que las mantiene cohesionadas.

Por ejemplo, si trazáramos un círculo alrededor de un racimo de galaxias sobre el globo, el círculo no se expandiría a medida que el globo se expandiera si no que, como las galaxias están ligadas entre sí por fuerzas gravitatorias, el círculo y las galaxias de su interior mantendrían su tamaño o configuración aunque el globo se expandiera (Hawking & Mledinow, 2010, p. 144).

El término *Big Bang* es acuñado por primera vez en 1949 por el astrofísico de la Universidad de Cambridge Fred Hoyle, quién creía en un universo que se expandía eternamente (Hawking & Mledinow, 2010, p. 146). Las primeras pruebas directas que se obtienen a favor del *Big Bang* fueron en 1965, cuando se descubre una tenue radiación del fondo cósmico de microondas (es decir, el calor residual de la creación que llena todo el espacio cósmico: CMBR por sus siglas en inglés: Cosmic Microwave Background Radiation), descubierta accidentalmente por dos científicos de los laboratorios Bell:

(...) Dicke y Peebles argumentaron que aun deberíamos ser capaces de ver el resplandor de los inicios del universo, porque la luz proveniente de lugares muy distantes estaría alcanzándonos ahora. Sin embargo, la expansión del universo implicaría que esta luz debería estar tan tremendamente desplazada hacia el rojo que nos llegaría hoy en día como radiación de microondas. Cuando Dicke y Peebles estaban estudiando cómo buscar esta radiación, Penzias y Wilson se enteraron del objetivo de ese trabajo y comprendieron que ellos ya habían encontrado dicha radiación. Gracias a este trabajo, Penzias y Wilson fueron galardonados con el premio Nobel en 1978 (¡lo que parece ser bastante injusto con Dicke y Peebles, por no mencionar a Gamow!). (Hawking, 1992, p. 67-68).

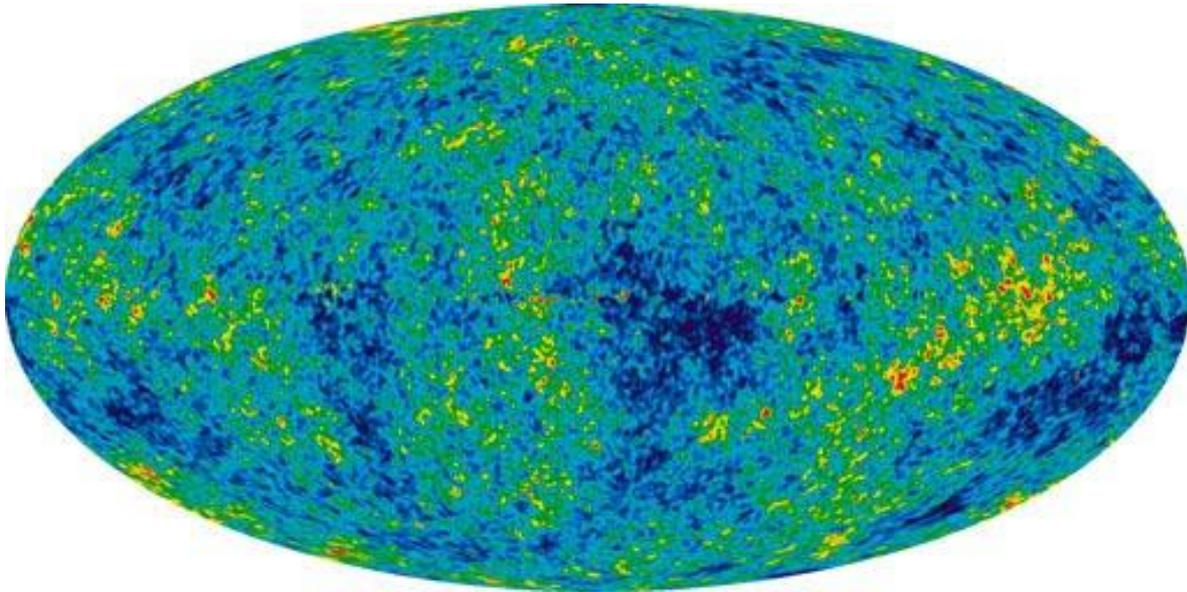


Imagen del firmamento producida por el satélite WMAP, publicada en el 21010 por el equipo científico NASA/WMAP.

Tal radiación de fondo es la resultante del primer instante del universo primitivo, caliente y denso, al momento posterior a la gran explosión. Los astrónomos han hallado otros indicios que permiten confirmar la teoría de esa gran explosión, pero la investigación experimental que ha terminado por darle el mayor sustento al argumento del *Big Bang* es el presentado en el mes de Abril de 2014 por el Centro Harvard-Smithsonian para la Astrofísica de Massachusetts (USA), que anunció (por medio de la agencia EFE) que ha detectado por primera vez mediante un telescopio que tienen instalado en el Polo Sur, las “ondas gravitacionales primordiales” (los ecos del primer instante del universo) que se generaron trillonésimas de segundo después de la explosión del *Big Bang*. El equipo del Centro Harvard-Smithsonian, dirigido por John Kovac, afirma haber logrado percibir estas “ondas” a través del telescopio BICEP2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization) en un pequeño retazo de cielo. Esas ondas gravitacionales permiten probar varias teorías: el *Big Bang*, la inflación, la gravitacional, la cuántica y el inicio del espacio-tiempo planteado en la relatividad general, entre otras.

Hawking al enterarse del hallazgo, comentó en una entrevista para Radio 4 de la BBC, que la inflación concebida por primera vez por el cosmólogo Alan Guth se sustenta en la argumentación de que en la creación del universo hubo un periodo de “aceleración”, es decir una expansión ultrarrápida que prueba que hubo una explosión causada por el estado de alta densidad y presión del inflatón (la partícula inicial). Esa inflación generó las “olas gravitacionales” que recientemente hallaron los investigadores de la Universidad de Harvard, lo cual avala al *Big Bang* y de paso consolida a la teoría “M”. Solo están en espera a que en el mes de Septiembre de 2014, sus competidores de la Agencia Espacial Europea confirmen el hallazgo también, usando el satélite Planck.

Para Hawking esta es la confirmación de un descubrimiento de hace más de 30 años, reiterando que desde 1982 había invitado a varios científicos que estaban ocupados en comprobar experimentalmente esta teoría inflacionaria a que conformaran un “taller de trabajo” en la Universidad de Cambridge, donde ya se había llegado a la aceptación de la teoría de la “inflación”, y que la primera corroboración parcial de la inflación fue diez años después.

La teoría inflacionaria surge en 1980, cuando Guth aporta argumentos que van más allá de la Teoría de la Relatividad General y teniendo en cuenta a la física cuántica. Es decir, en ella se combina la física cuántica y la Teoría de la Relatividad General. Hawking & Mledinow informan en el libro analizado en este trabajo y que fue publicado en 2010 (Hawking & Mledinow, 2010, p. 148), que aún no se encontraba lista la teoría de la gravedad cuántica (<sup>7</sup>), y que se desconocía cómo ocurrió la inflación. A pesar de que la gravedad cuántica aún no se

---

<sup>7</sup> “Como no disponemos de una teoría cuántica completa de la gravedad, los detalles están siendo todavía elaborados, y los físicos no están del todo seguros de cómo ocurrió la inflación”. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 148).

encuentra completa, a la fecha, los experimentos confirman provisionalmente que si hubo lugar a la inflación cósmica. Hecho que por supuesto, los autores desconocían al momento de editar su libro. Sin embargo, ellos comentan acertadamente sobre la búsqueda de pruebas experimentales acerca de la inflación:

(...) Tal como hemos advertido, podemos observar esas irregularidades como pequeñas variaciones en las microondas que nos llegan de direcciones diferentes del firmamento. Se ha comprobado que concuerdan exactamente con las exigencias generales de la teoría inflacionaria; sin embargo, necesitaremos mediciones más precisas para poder distinguir completamente la teoría descendente de la otras teorías, y así confirmarla o refutarla. Es de esperar que tales mediciones sean llevadas a cabo por satélites en un futuro próximo. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 163).

Esta confirmación de la que hablaban en el 2010 estos autores, y que ya ha sido presentada a la comunidad científica por los investigadores de la Universidad de Harvard, es para la física y la astronomía (también debe serlo para la filosofía) el hallazgo más importante de los últimos tiempos y abre una nueva era para la humanidad, puesto que permite una mejor y más veraz explicación sobre cómo y cuándo se creó o se auto-creó el universo. Para muchos astrofísicos, aplicando la estadística y las ecuaciones de las probabilidades, la posibilidad de que los investigadores del centro Harvard-Smithsonian para la Astrofísica de Massachusetts estén equivocados es muy mínima.

Ahora bien, la teoría de la inflación de Alan Guth plantea que el universo surgió de una breve fase de expansión acelerada a partir de la partícula cuántica inicial, después de la cual se produjeron las primeras ondas gravitacionales. Esa partícula elemental comprometida en tal expansión se llama *inflatón*, que en sus diversas etapas de expansión liberó su energía potencial dando lugar a todas las formas de energía, materia y radiación, dejando como consecuencia el universo amplio que conocemos.

Einstein, por su parte, ya había planteado que el rastro de las ondas gravitacionales primigenias sería tan débil que jamás sería posible hallarlas. No obstante, estas fueron detectadas en el estudio relacionado anteriormente, y la señal de esa radiación de fondo ha sido mucho más fuerte de lo que predijo Einstein. Dicha radiación de fondo es similar a una radiación electromagnética, la cual tuvo lugar antes de que se originaran las primeras estrellas. Estas ondas de luz constituyen la huella de las fluctuaciones cuánticas producidas tras la explosión inicial que dio origen al universo, y poseen una temperatura equivalente menor a 3 K, es decir, tres grados por encima del cero absoluto. Estas experimentaciones requirieron la creación de una tecnología nueva, conformada por una cámara en una placa de circuito impreso que incluía una antena para enfocar y filtrar la luz polarizada. El trabajo se realizó en un lapso superior a los tres años, con el fin de detectar cualquier falla en el método y evitar confusiones con el polvo de la Vía Láctea, que produce una señal similar.

Este hallazgo es la finalización de una búsqueda que inicio con los presocráticos, quienes empezaron a plantear argumentos racionales que contribuyeran a dar una explicación acerca de aquellos fenómenos considerados sobrenaturales debidos a la acción de los dioses o producto del azar. Tales argumentos, que constituyen la transición del mito a la razón, son también el inicio de la explicación del origen del mundo material basada en leyes naturales.

#### **4. No existe el azar, sólo patrones regulares que se repiten.**

Hawking & Mledinow (2010) explican que el planteamiento acerca de las leyes que rigen al universo desde la antigüedad, surge a partir de las regularidades observadas en el movimiento de los cuerpos astronómicos como el Sol, la Luna y los planetas, lo cual descartó la intervención caprichosa de dioses o demonios. Los primeros en notar esas leyes fueron los

que se dedicaban al estudio de la astronomía (que justamente eran filósofos), lo cual significó un quiebre con el pensamiento tradicional ensimismado en la mitología. Esas observaciones, según Hawking & Mledinow (2010) jugaron un rol trascendental para el inicio de la ciencia:

Al cabo de un tiempo, se tuvieron que dar cuenta de que los eclipses no se producen al azar, sino en patrones regulares que se repiten. Esos patrones resultaban más obvios para los eclipses de Luna, y permitieron a los antiguos babilonios predecir con considerable exactitud eclipses lunares, aunque no se dieron cuenta de que los produjera la Tierra al interceptar la luz del Sol.

Los eclipses de Sol fueron más difíciles de predecir, porque sólo son visibles en un corredor de unos sesenta kilómetros de ancho sobre la Tierra. (p. 21).

Sucesivamente las observaciones astronómicas fueron permitiendo el descubrimiento de leyes que dieron lugar a la noción de determinismo científico. Y según el determinismo científico, dado el estado inicial del universo en un sistema, un conjunto completo de leyes puede determinar cómo evolucionará éste, y “esas leyes deberían cumplirse siempre y en todo lugar; de otra manera no serían leyes. No podrá haber excepciones ni milagros. Ni dioses ni demonios podrían intervenir en el funcionamiento del universo” (Hawking & Mledinow, 2010, p.193). Esta nueva concepción inicia así:

Pero con Tales (c. 624-546 a. C.), unos 2.600 años a. C., eso empezó a cambiar. Surgió la idea de que la naturaleza sigue unos principios consistentes que podrían ser descifrados, y así empezó el largo proceso de reemplazar la noción del reinado de los dioses por la de un universo regido por leyes de la naturaleza y creado conforme a un plan que algún día aprenderemos a leer. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 23).

Ahora bien, debido a que en la época en que Newton propuso las leyes del movimiento y de la gravedad, esas leyes eran las únicas conocidas, y el determinismo científico era universalmente aceptado, tales leyes tomaron la fuerza de una verdad. Sin embargo, la formulación de la teoría de la relatividad general por parte de Einstein, extendió la

conceptualización de esas leyes y agregó otros aspectos del universo que aún no habían sido descubiertos. Entre esas nuevas ideas de Einstein, estaba incluida la de unificación y Greene las explica así:

Durante los últimos treinta años de su vida, Albert Einstein buscó incesantemente lo que se llamaría una teoría unificada de campos, es decir, una teoría capaz de describir las fuerzas de la naturaleza dentro de un marco único, coherente y que lo abarcara todo. Einstein no estaba motivado por las cosas que a menudo relacionamos con la actividad científica, como, por ejemplo, intentar hallar una explicación para estos o aquellos datos experimentales. Lo que le impulsaba era una creencia apasionada en la idea de que una comprensión más profunda del universo pondría de manifiesto la auténtica maravilla: la sencillez y el enorme poder de los principios en los que se basa. Einstein deseaba explicar el funcionamiento del universo con una claridad nunca antes conseguida, lo que nos permitiría a todos nosotros contemplar con asombro y admiración su belleza y elegancia absolutas. (Greene, 2006, p.7)

Pero según Greene, Einstein nunca pudo alcanzar su sueño, debido a que en su época se desconocían muchos detalles esenciales de la materia y de las fuerzas de la naturaleza, y si se conocían eran escasamente comprendidas. Sin embargo, durante las décadas siguientes, nuevas generaciones de físicos trabajaron incansablemente sobre los datos de sus predecesores, con el fin “hacer encajar todas las piezas de un modelo más completo con el que entender el funcionamiento del universo” (Green, 2006, p.7). En la actualidad, transcurrido mucho tiempo después de que Einstein planteara la búsqueda de una teoría unificada, muchos físicos creen haber hallado un marco teórico que permite encajar todas las teorías.

Sin embargo, el problema se deriva del hecho de que existen grandes diferencias entre estas teorías. Actualmente operan en física varias teorías, y cada una de ellas contribuye a una interpretación de nuestra realidad material en diferentes campos. Entre ellas se encuentran: la física Cuántica, la Mecánica Clásica y la Relatividad General. En el caso de la Física Cuántica, debido a que en sus postulados está implicado el indeterminismo, ha forzado a

plantear una nueva lógica paraconsistente. Es decir una lógica cuántica que incluye tanto la coherencia como la decoherencia, pues en ella (la física cuántica) determinismo e indeterminismo están imbricados en la composición de la materia.

## **5. Conexión lógica entre las disimiles teorías que conforman la teoría “M”.**

La teoría del *Big-Bang*, derivada a partir de la teoría de la relatividad general, propone que al retroceder hasta el estado inicial del universo este posee una magnitud microscópica (de una milmillonésima de billonésima de billonésima de centímetro), por lo que su análisis sólo es posible desde la teoría cuántica, dado que únicamente ella opera a ese nivel. Es decir, que a ese nivel no funciona la teoría de la relatividad general ni la mecánica clásica. Por lo tanto, como el inicio del universo es un suceso cuántico, sólo es teorizable desde la física cuántica.

Ahora bien, una vez la materia que surge del *Big Bang* alcanza un tamaño macro (galaxias, soles y planetas), resulta razonable la acción de las leyes del movimiento newtonianas (a bajas velocidades), las cuales son deterministas y coherentes. Luego, en ese orden establecido, la energía-materia y el espacio-tiempo, junto con la ley de gravedad relativista (la de Einstein) permitieron la evolución del universo hasta el estado actual. De manera que, aun a pesar de que en algunos aspectos difieren y en otros se conectan, las leyes implicadas en estas teorías físicas se complementaron para permitir la configuración del universo que conocemos hasta ahora.

La conexión entre estas teorías, es una búsqueda que empezó a partir de la necesidad de interpretar nuestra percepción acerca de la realidad de la materia sin que se excluyan mutuamente las leyes descubiertas para sustentar las teorías que explican lo micro y lo macro.

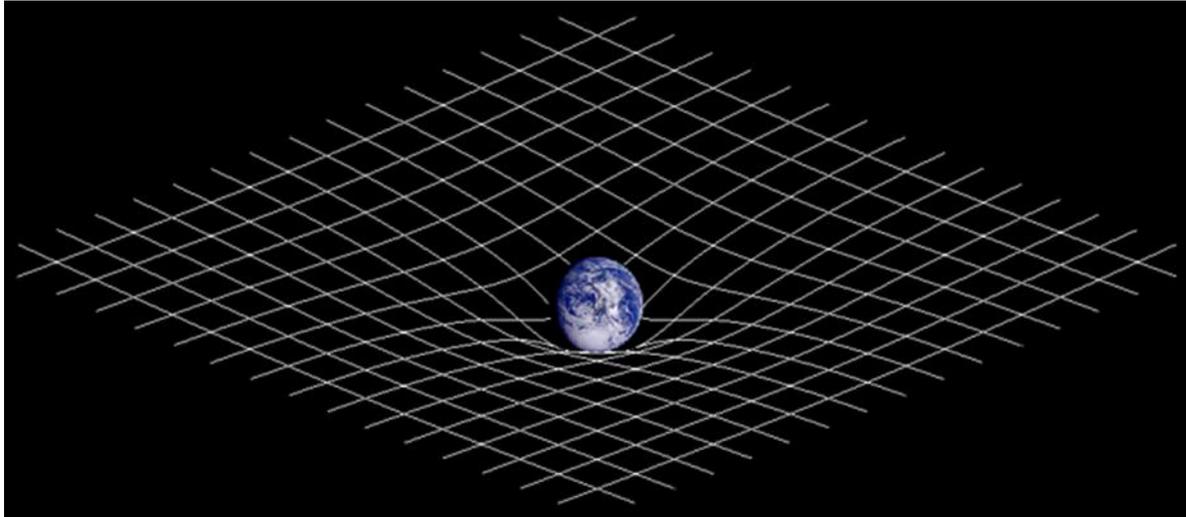
En esa iniciativa, algunos físicos optaron por la teoría de las «supercuerdas» y otros por la teoría “M”, aunque los argumentos de las dos sean parecidos. En el caso de Brian Greene, sus argumentos para apoyar la teoría de las supercuerdas son los siguientes:

La teoría de las supercuerdas genera una amplia red de recursos. Se trata de un tema amplio y profundo que inspira muchos de los descubrimientos cruciales de la física. Dado que esta teoría unifica las leyes de lo grande y de lo pequeño, es decir, las leyes que gobiernan la física cuando nos trasladamos hasta los rincones más lejanos del cosmos y cuando descendemos hasta la partícula más diminuta de la materia, existen muchos caminos para aproximarse a este tema. He optado por centrarme en la evolución de nuestro modo de comprender el espacio y el tiempo. Creo que ésta es una vía especialmente atractiva para desarrollar el tema, ya que realiza un corte rico y fascinante a través de las teorías nuevas y esenciales. Einstein mostró al mundo que el espacio y el tiempo se comportan de maneras asombrosamente poco corrientes. Actualmente, la investigación más avanzada ha integrado sus descubrimientos en un universo cuántico que posee numerosas dimensiones ocultas entrelazadas en el tejido del cosmos - dimensiones cuya geometría profusamente entrelazada tiene muchas probabilidades de contener la clave de algunas de las cuestiones más difíciles que se han planteado jamás-. Aunque algunos de estos conceptos son bastante sutiles, veremos que es posible captarlos mediante analogías con cuestiones muy cercanas. (2006, p. 7).

Aunque en este trabajo nos ocupamos de la teoría “M”, tomaremos como referencia la elección de Greene en su obra *El universo elegante* (2006), “He optado por centrarme en la evolución de nuestro modo de comprender el espacio y el tiempo” (p. 7), que también es expuesto por Hawking & Mledinow (2010) en el Capítulo 5, *La Teoría de Todo*, ya que en el análisis de estos cambios, se encuentran finos detalles que acercan y separan a las teorías cuánticas, newtonianas y la relatividad general.

## **6. Algunas importantes diferencias entre la Mecánica Clásica y la Teoría de la Relatividad General:**

### **La nueva imagen del espacio-tiempo**



En la Relatividad, la gravedad ya no es la fuerza que actúa a través del espacio vacío que separa los objetos que interactúan (según Newton), sino que es el efecto de la materia y la energía al deformar la tela geométrica del espacio alterando la trayectoria de los objetos (Hawking & Mledinow, 2010, p. 150).

Según Hawking & Mledinow (2010), en la nueva visión de Einstein acerca del espacio y del tiempo Einstein, este toma en cuenta la teoría unificada de la electricidad y el magnetismo de James Clerk Maxwell (p.105-110), y plantea que el tiempo ya no puede ser considerado separadamente de las tres dimensiones espaciales, sino que tiempo y espacio están imbricados entre sí. Es decir, que a las tres dimensiones espaciales (derecha-izquierda, adelante-atrás y arriba-abajo), hay que adicionarles una cuarta dimensión: espacio-tiempo (futuro-pasado). Por lo tanto, así como la definición de derecha-izquierda, adelante-atrás o arriba-abajo dependen de la orientación del observador, así también la medición y el sentido del tiempo dependerán de la velocidad y la ubicación espacio-temporal del observador. Hawking, en la Historia del Tiempo lo explica así:

En otras palabras, ¡la teoría de la relatividad acabó con la idea de un tiempo absoluto! Cada observador debe tener su propia medida del tiempo, que es la que registraría un reloj que se mueve junto a él, y relojes idénticos moviéndose con observadores diferentes no tendrían por qué coincidir. (Hawking, 1992, p. 41).

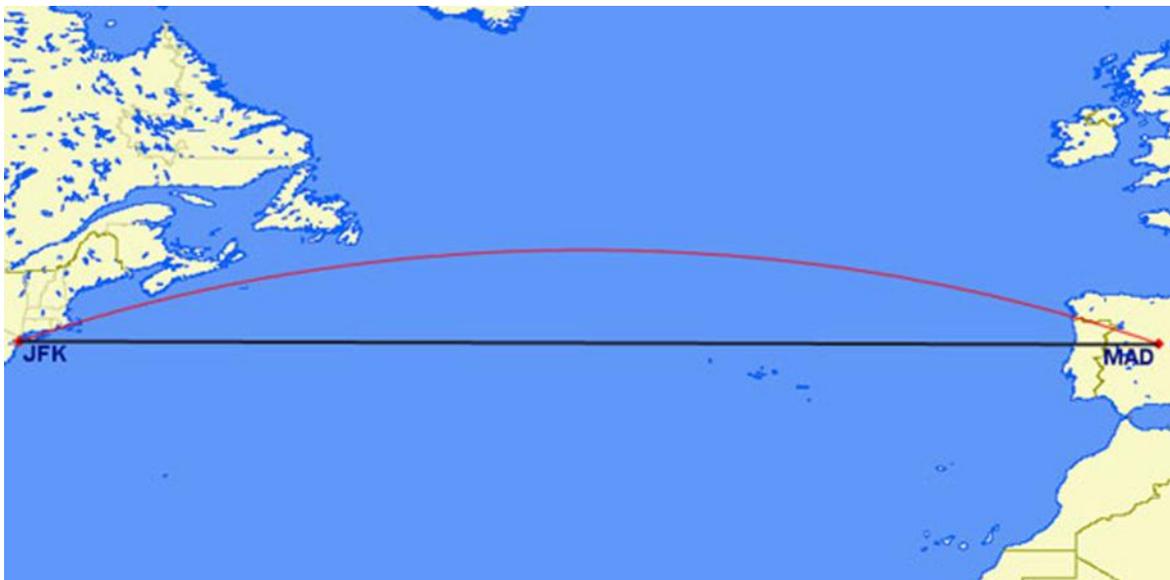
En cuanto a la concepción einsteniana de gravedad y la curvatura del espacio-tiempo, el físico Kip Thorne, en su obra *Agujeros negros y tiempo curvo- El escandaloso legado de Einstein*, dilucida estas diferencias: para Newton “la gravedad es la fuerza proporcional al producto de las masas de los objetos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos” (Thorne, 1995, p.70), en tanto que para Einstein la gravedad es el efecto de la masa y la energía al distorsionar al espacio-tiempo.

Ahora bien, si la concepción de tiempo cambió y se unificó a la de espacio, con ellas también cambió la visión física del mundo. En las páginas 116, 117 y 118, y páginas 151 y 152 (Hawking & Mledinow, 2010) plantean que la distancia más corta entre dos puntos ya no es una línea recta:

Por ejemplo, sobre la superficie de la Tierra, la distancia más corta entre dos puntos – que sabemos que es un segmento rectilíneo en la geometría euclidiano - es el camino que conecta los dos puntos a lo largo de lo que se denomina un círculo máximo. (Un círculo máximo es una línea en la superficie de la Tierra cuyo centro coincide con el centro de la Tierra. El ecuador es un ejemplo de círculo máximo, y también lo es cualquier círculo obtenido inclinando el ecuador por alguno cualquiera de sus infinitos diámetros). (Hawking & Mlodinow, p. 116).

Es decir, que el concepto de *recta* cambia su sentido en la física relativista de Einstein, por el de “línea geodésica”. Es decir, se pasa a la geometría *no euclidiana* de Riemann (Riemann, 1826-1866) que toma como base Einstein para explicar la curvatura del espacio-tiempo tetra-dimensional. Ahora bien, ¿por qué a primera vista tendemos a pensar que la línea recta es el camino más corto entre dos puntos? Esto se debe a nuestra percepción común de que el espacio-tiempo es tridimensional y plano. Sin embargo, en la teoría de la relatividad general debido a que los cuerpos se mueven en un espacio-tiempo cuatridimensional, su recorrido siempre será curvo con respecto a un plano bidimensional. Las aerolíneas han tomado en

consideración este postulado de la física relativista (Hawking & Mledinow, p. 116-118) y lo aplican al trazado de rutas de los aviones, obteniendo resultados prácticos, dado que economizan tiempo y combustible. Por ejemplo, en los vuelos de New York a Madrid (dos ciudades que se hallan en la misma latitud), a simple vista el trayecto más corto sería ir en línea recta. De esta manera el avión recorrería 3.707 millas. Pero, realmente existe un camino más corto, que debido a la redondez de la tierra, parece curvado si lo trazamos en un mapa plano. Por este trayecto se puede viajar de New York a Madrid recorriendo 3.605 millas.



Einstein hizo la sugerencia revolucionaria de que la gravedad no es una fuerza como las otras, sino que es una consecuencia de que el espacio-tiempo no sea plano, como previamente se había supuesto: el espacio-tiempo está curvado, o “deformado”, por la distribución de masa y energía en él presente. Los cuerpos como la Tierra no están forzados a moverse en órbitas curvas por una fuerza llamada gravedad; en vez de esto, ellos siguen la trayectoria más parecida a una línea recta en un espacio curvo, es decir, lo que se conoce como una geodésica. Una geodésica es el camino más corto (o más largo) entre dos puntos cercanos. Por ejemplo, la superficie de la Tierra es un espacio curvo bidimensional. Las geodésicas en la Tierra se llaman círculos máximos, y son el camino más corto entre dos puntos. Como la geodésica es el camino más corto entre dos aeropuertos cualesquiera, el navegante de líneas aéreas le dirá al piloto que vuele a lo largo de ella. (Hawking, 1992, p. 51).

Por su parte, a Hawking, además de reconocérsele el haber presentado una mejor explicación acerca del tiempo (su obra *Breve Historia del Tiempo* aparece en el libro Guinness Records por sus extraordinarias ventas), también se le reconoce el haber dado el primer paso para unir la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad, lo cual permitió una mejor comprensión acerca del *Big Bang*, dado que el universo se origina a partir de perturbaciones cuánticas. Y aunque Hawking no lo menciona en las obras analizadas, esta investigación halló también ciertas conexiones entre la mecánica newtoniana y la relatividad general.

## **7. Conexión matemática entre la mecánica newtoniana y la relatividad general.**

### **Energía cinética en mecánica newtoniana**

En la mecánica clásica, la energía cinética de una masa puntual depende de su masa ( $m$ ) y sus componentes del movimiento. Esta se expresa en julios (J).  $1 \text{ J} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ . Estos son descritos por la velocidad ( $v$ ) de la masa puntual, así:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2.$$

### **Energía cinética en la relatividad general**

Si la velocidad de un cuerpo es una fracción significativa con respecto a la velocidad de la luz, es necesario utilizar la teoría de la relatividad general para poder calcular la energía cinética. En la relatividad se debe cambiar la expresión para el momento lineal, y de ella por interacción se puede deducir la expresión de la energía cinética:

$$E_c = m\gamma c^2 - mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - mc^2$$

Cuando se aplica la expresión relativista anterior, desarrollándola *en serie de Taylor* y tomando únicamente el término  $(1/2) m (v^2 / c^2)$ , se retoma la expresión de la energía cinética típicamente utilizada en la *mecánica* newtoniana, dado que por factorización simple se reduce a la misma fórmula aplicada para la energía cinética en esta (mecánica newtoniana), como se observa a continuación:

$$E_c = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2 = mc^2 \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{v^2}{c^2} \right) + \frac{3}{8} \left( \frac{v^2}{c^2} \right)^2 + \dots \right] = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2.$$

Se toma únicamente el primer término de la serie de Taylor ya que, conforme la serie progresa, los términos se vuelven cada vez más y más pequeños y es posible despreciarlos.

La ecuación relativista muestra que la energía de un objeto se acerca al infinito cuando la velocidad ( $v$ ) se acerca a la velocidad de la luz ( $c$ ), entonces es *imposible* acelerar un objeto a esas magnitudes. Este producto matemático es la fórmula de equivalencia entre masa y energía, cuando el cuerpo está en reposo obtenemos esta ecuación:

$$E_0 = mc^2$$

Así, la energía total ( $E$ ) puede partitionarse entre las energías de las masas en reposo más la tradicional energía cinética newtoniana de baja velocidad. Cuando los objetos se mueven a velocidades mucho más bajas que la luz (ej. cualquier fenómeno en la tierra) el primero de los dos términos de la serie predomina.

La relación entre energía cinética y *momentum* es más complicada en este caso y viene dada por la ecuación:

$$E_c = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4} - mc^2$$

Esto también puede expandirse como una *serie de Taylor*, el primer término de esta simple expresión viene de la mecánica newtoniana. Lo que sugiere esto es que las fórmulas para la energía y el momento no son especiales ni axiomáticas, pero algunos conceptos emergen de las ecuaciones de masa con energía y de los principios de la relatividad.

$m$  = Masa de un cuerpo cualquiera

$p$  = Momentum o cantidad de movimiento

$c$  = Velocidad de la luz

$v$  = Velocidad de un cuerpo cualquiera

$E$  = Energía

$E_c$  = Energía cinética

$\gamma$  = Factor relativista

**Conclusión:**

A partir del análisis de la conexión matemática entre la mecánica newtoniana y la teoría de la relatividad general, se puede concluir que:

Cuando se aplica la fórmula de energía cinética ( $E_c$ ) en la mecánica relativista, en velocidades muy mínimas con relación a la velocidad de la luz ( $v \ll c$ ), dicha fórmula (luego de aplicadas las operaciones de factorización) se reduce a la misma fórmula de energía cinética en la mecánica clásica (newtoniana). Es decir, que en cuanto a la energía cinética ( $E_c$ ), ambas teorías aplican la misma fórmula cuando se trata de velocidades muy bajas ( $v \ll c$ ). Por lo tanto, en este punto (el de la energía cinética) se conectan o coinciden estas dos teorías. Es decir, que la mecánica relativista no desplaza, ni anula del todo a la mecánica newtoniana.

## Capítulo II

### 1. Las bases popperianas en las investigaciones de Hawking.

Como se puede verificar en varias obras de Hawking, éste se apoya en argumentos popperianos para fundamentar sus planteamientos. Algunas son deducibles a partir de sus argumentos y otras son directas, como es el caso de la siguiente referencia relacionada por Hawking en el siguiente fragmento de su obra *El universo en una cáscara de nuez*:

Cualquier teoría científica seria, sobre el tiempo o cualquier otro concepto, debería en mi opinión estar basada en la forma más operativa de filosofía de la ciencia: la perspectiva positivista propuesta por Karl Popper y otros. Según esta forma de pensar, una teoría científica es un modelo matemático que describe y codifica las observaciones que realizamos. Una buena teoría describirá un amplio dominio de fenómenos a partir de unos pocos postulados sencillos, y efectuará predicciones definidas que podrán ser sometidas a prueba. Si las predicciones concuerdan con las observaciones, la teoría sobrevive a la prueba, aunque nunca se pueda demostrar que sea correcta. En cambio, si las observaciones difieren de las predicciones, debemos descartar o modificar la teoría. (Como mínimo, esto es lo que se supone que ocurre. En la práctica, la gente cuestiona a menudo la precisión de las observaciones y la fiabilidad y el talante moral de los que las han realizado). Si adoptamos la perspectiva positivista, como yo hago, no podemos decir qué es realmente el tiempo. Todo lo que podemos hacer es describir lo que hemos visto que constituye un excelente modelo matemático del tiempo y decir a qué predicciones conduce. (Hawking, 2002, p. 12).

#### 1.1. Stephen Hawking como precursor de la unificación entre la relatividad general y la mecánica cuántica.

A lo largo de la investigación realizada en este trabajo, se han hallado varias referencias acerca de la iniciativa de Hawking de unir otras teorías no relacionadas en este trabajo por cuestiones de espacio. Un ejemplo de ello es, a la que se refiere en su último libro *Breve Historia de Mi Vida*, en la cual plantea:

(...) Esta expresión contiene las tres constantes fundamentales de la naturaleza:  $c$ , la velocidad de la luz;  $G$ , la constante de Newton de la gravitación; y  $h$ , la constante de Planck reducida. Revela que existe una relación profunda y previamente no sospechada entre la gravedad y la termodinámica, la ciencia del calor. (Hawking, 2014, p. 87).

Sin embargo, por cuestiones de espacio nos hemos remitido a las teorías que han sido explicadas en este trabajo. Pues bien, el primer intento de unificar la teoría de la relatividad general y la mecánica cuántica es reconocido a Hawking por muchos de sus colegas. Entre ellos se pueden nombrar a Dennis William Siahou Sciama (<sup>8</sup>) (1926 – 1999), Martin Rees (<sup>9</sup>). Además de las referencias de parte de sus colegas, en cuanto al primer paso hacia tal unificación, el propio Hawking en su más reciente obra, *Breve Historia de mi Vida*, revela esta iniciativa suya:

Tuvimos tal éxito con la teoría general clásica de la relatividad que en 1973 me sentía un poco perdido tras la publicación de *La estructura a gran escala del espacio-tiempo*. Mi obra con Penrose había demostrado que la relatividad general se rompería con las singularidades, así que el siguiente paso evidente era combinar la relatividad general, la teoría de lo muy grande, con la teoría cuántica, la teoría de lo muy pequeño. Yo no tenía formación en teoría cuántica, y el problema de la singularidad (<sup>10</sup>) en aquel momento me pareció muy difícil de afrontar, así que como ejercicio de calentamiento pensé en cómo se comportarían las partículas y los campos gobernados por la teoría cuántica cerca de un agujero negro. En concreto me pregunté si podían existir átomos en los que el núcleo fuera un agujero negro diminuto primordial, formado en el universo temprano. (Hawking, 2014, p. 86-87).

Ahora bien, como se ha podido observar desde el capítulo I de este trabajo, tanto la teoría de las Supercuerdas como la Teoría “M” constituyen una nueva visión epistémica que intenta

---

<sup>8</sup> Sciama fue un físico británico quien, a través de su trabajo y el de sus estudiantes, jugó el mayor rol en el desarrollo de la física británica después de la segunda guerra mundial. Es considerado uno de los padres de la cosmología.

<sup>9</sup> Martin John Rees, Shropshire, Reino Unido, 23 de junio de 1942 (71 años), es un astrónomo británico. Ha sido rector (Master) de Trinity College, Cambridge (2004-2012) y presidente de la Real Sociedad de Londres (2005-2010).

<sup>10</sup> La singularidad aparece definida en *El Gran Diseño* como: punto del espacio – tiempo en que alguna magnitud física se hace infinita (Hawking y Mledinow: 2010, p. 210).

integrar las diferentes teorías de la física, (incluyendo aquellas que dieron lugar a las llamadas revoluciones científicas), mediante aproximaciones, que en algunos casos son complementarias. De manera que el interrogante que surge a partir de este intento de unificación es el que se plantea en el siguiente ítem.

## **1.2. ¿Cómo hacer posible la unificación entre teorías que son incompatibles?**

En el caso de la teoría “M”, este enfoque es posible a través de “el realismo dependiente del modelo” expuesto por Hawking & Mledinow en el capítulo 3, titulado “¿Qué es la Realidad?” (p. 47). Entre los argumentos que ellos presentan para explicar el *marco* de la teoría “M”, cuyo objetivo es acoplar teorías que son aparentemente incompatibles, está el hecho de que dichas incompatibilidades en algunos casos dependen del modelo utilizado para interpretar cada una de esas observaciones acerca de la realidad del universo. Es decir, que cuando dos modelos diferentes dan resultados diferentes sobre un mismo hecho, esto indica:

Primero: no se puede afirmar que existe una sola realidad acerca de este hecho. Segundo: el resultado que arroja cada modelo dependerá del concepto de realidad en el cual se pretende correlacionar la observación realizada.

Por lo tanto, las teorías de vanguardia (como la teoría “M”) deben tener en cuenta que, si se intenta construir una realidad acerca del universo, no se debe tener en cuenta un solo modelo, sino la suma de los diferentes modelos que hayan demostrado ser efectivos en cada espacio-temporal en que se esté teorizando sobre esos hechos. De manera que *el realismo dependiente del modelo* también postula respuestas acerca del *por qué* las teorías interpretan de manera diferente el mismo hecho observado. De lo cual, tampoco se podría excluir el hecho de que

puedan existir conexiones entre dos teorías, como las que presentan Hawking & Mledinow entre la física newtoniana y la einsteniana, dado que la aplicación de cada uno de esos modelos permiten estructurar un concepto conjunto acerca de la realidad.

En este orden de ideas, nuestra interpretación general acerca de la realidad del universo, es una especie de crucigrama, en donde cada teoría aporta un significado a determinado hecho observado, pero cada una independientemente no le puede dar respuesta al *todo*. A su vez, el *todo* no se puede interpretar mediante un solo modelo o una sola realidad. Cada modelo utilizado aporta una visión de esa realidad total que se intenta interpretar como un todo. Los autores del *Gran Diseño* refiriéndose a la dualidad de la luz, lo explican de la siguiente manera:

Dualidades como esta – situaciones en que dos teorías muy diferentes describen con precisión el mismo fenómeno – son consistentes con el realismo dependiente del modelo. Cada teoría describe y explica algunas propiedades, pero no se puede decir que ninguna de las dos teorías sea mejor ni resulte más real que la otra. Parece que con las leyes que rigen el universo ocurra lo mismo y que no haya una sola teoría o modelo matemático que describa todos los aspectos del universo sino que, tal como hemos dicho en el primer capítulo, se necesite una red de teorías, la de la denominada teoría M. Cada teoría de dicha red describe adecuadamente los fenómenos dentro de un cierto intervalo y, cuando sus intervalos se solapan, las diversas teorías de la red concuerdan entre sí, por lo cual decimos que son parte de la misma teoría. Pero no hay una sola teoría de dicha red que pueda describir todos y cada uno de los aspectos del universo – todas las fuerzas de la naturaleza, las partículas que experimentan dichas fuerzas, y el marco espacial y temporal en que tiene lugar todo eso - . Aunque esa situación no satisface el sueño tradicional de los físicos de obtener una teoría unificada, resulta aceptable en el marco del realismo dependiente del modelo. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 67-68).

Según Hawking & Mledinow, una conclusión importante a la que se puede llegar a partir del *realismo dependiente del modelo* es la siguiente:

(...) no hay imagen – ni teoría – independiente del concepto de realidad. Así, adoptaremos una perspectiva que denominaremos *realismo dependiente del modelo*: la idea de que una teoría física o una imagen del mundo es un modelo (generalmente de naturaleza matemática) y un

conjunto de reglas que relacionan los elementos del modelo con las observaciones. Ello proporciona un marco en el cual interpretar la ciencia moderna.

Los filósofos, desde Platón hasta ahora, han discutido a lo largo de los siglos sobre la naturaleza de la realidad. La ciencia clásica está basada en la creencia de que existe un mundo real externo cuyas propiedades son definidas e independientes del observador que las percibe.

(...)

En filosofía, esta creencia es denominada realismo.

(...)

Los realistas estrictos a menudo argumentan que la demostración de que las teorías científicas representan la realidad radica en sus éxitos. Pero diferentes teorías pueden describir satisfactoriamente el mismo fenómeno a través de marcos conceptuales diferentes. De hecho, muchas teorías que habían demostrado ser satisfactorias fueron sustituidas posteriormente por otras teorías igualmente satisfactorias basadas en conceptos completamente nuevos de la realidad. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 51-53).

Para apoyar el argumento del *realismo dependiente del modelo*, se relaciona a continuación la argumentación resumida de Stephen Covey (<sup>11</sup>) (1932 - 2012), presentada en su texto *Los Siete Hábitos de la Gente Altamente Efectiva*. Este autor, aunque no era físico sino administrador de empresas, plantea también el caso especial de cuando dos percepciones de la realidad concluyen en una interpretación diferente de un mismo hecho, haciéndolas incompatibles entre sí. Covey inicia explicando que toma la acepción del término paradigma en el sentido general de *modelo, teoría, percepción, supuesto o marco de referencia de una realidad*, es decir, un paradigma es el modo con que «vemos» el mundo, no en los términos de nuestro sentido de la vista, sino como percepción, comprensión e interpretación de un hecho. Para Covey, los paradigmas son una especie de mapas que se adecuan a nuestros fines. Pero aclara: “Todos sabemos que «el mapa no es el territorio». Un mapa es simplemente una explicación de ciertos aspectos de un territorio. Un paradigma es exactamente eso. Es una

---

<sup>11</sup> Covey, Stephen Richards, fue escritor, conferencista, religioso y profesor estadounidense, ampliamente conocido por su libro *Los siete hábitos de las personas altamente efectivas*, que alcanzó un gran éxito de ventas en todo el mundo.

teoría, una explicación o un modelo de alguna otra cosa” (Covey, 1997, p. 32). De manera que para Covey el modelo no es la realidad de la cosa que se observa:

Todos tenemos muchos mapas en la cabeza, que pueden clasificarse en dos categorías principales: mapas del modo en que son las cosas, o realidades, y mapas del modo en que deberían ser, o valores. Con esos mapas mentales interpretamos todo lo que experimentamos. Pocas veces cuestionamos su exactitud; por lo general ni siquiera tenemos conciencia de que existen. Simplemente damos por sentado que el modo en que vemos las cosas corresponde a lo que realmente son o a lo que deberían ser. (Covey, 1997, p. 15).

Para sustentar su planteamiento, Covey explica su perspectiva al respecto, utilizando un ejercicio que denomina: “una experiencia intelectual y emocional” (Covey, 1994, p. 33), y que según él, aprendió en la Harvard Business School. Tal experiencia se apoya en la observación de las siguientes imágenes:

**Imagen de la página 35:**



Ahora mire la figura de la página 36 y describa cuidadosamente lo que ve.



¿Ve una mujer? ¿Cuántos años tiene? ¿Cómo es? ¿Qué lleva puesto? ¿En qué roles la ve?

Es probable que describa a la mujer del segundo dibujo como una joven de unos veinticinco años, muy atractiva, vestida a la moda, con nariz pequeña y aspecto formal. Si usted es un soltero, le gustaría invitarla a salir. Si su negocio es la ropa femenina, tal vez la emplearía como modelo.

Pero, ¿y si yo le dijera que está equivocado? ¿Qué pensaría si yo insistiera en que se trata de una mujer de 60 o 70 años, triste, con una gran nariz, y que no es en absoluto una modelo? Es el tipo de persona a la que usted probablemente ayudaría a cruzar la calle.

¿Quién tiene razón? Vuelva a mirar el dibujo. ¿Logra ver a la anciana? En caso contrario, persista. ¿No identifica su gran nariz ganchuda? ¿Su chal? Si usted y yo estuviéramos hablando frente a frente podríamos discutir el dibujo. Usted me describiría lo que ve, y yo podría hablarle de lo que veo por mi parte. Podríamos seguir comunicándonos hasta que usted me mostrara claramente lo que ve y yo le mostrara lo que veo. (Covey, 1997, p. 15).

(...) pase a la página 57 y examine esa otra figura. Vuelva a la anterior. ¿Puede ver ahora a la anciana? Es importante que lo haga antes de continuar leyendo.

Descubrí este ejercicio hace muchos años en la Harvard Business School. El instructor lo usaba para demostrar con claridad y elocuencia que dos personas pueden mirar lo mismo, disentir, y sin embargo estar ambas en lo cierto. (...).

**Imagen de la página 57:**



El profesor pidió entonces a uno de nosotros que le explicara lo que veía a un estudiante de la otra mitad. En su diálogo, se irritaron al tropezar con problemas de comunicación.

— ¿Qué quieres decir con que es una anciana? ¡No puede tener más de veinte o veintidós años!

— ¡Vamos! Debes de estar bromeando. ¡Tiene setenta años, podría tener cerca de ochenta!

— ¿Qué te pasa? ¿Estás ciego? Es una mujer joven, y muy guapa, me gustaría salir con ella. Es encantadora.

— ¿Encantadora? Es una vieja bruja.

Los argumentos iban y venían, con los dos interlocutores seguros y firmes en sus posiciones. Todo esto ocurría a pesar de una muy importante ventaja con la que contaban los estudiantes: la mayoría de ellos conocían de antemano la posibilidad de que existiera otro punto de vista, algo que muchos de nosotros nunca admitiríamos. Sin embargo, al principio, sólo unos pocos tratamos realmente de ver la figura con otro marco de referencia. Después de un rato de discusión fútil, un alumno se acercó a la pantalla y señaló una línea del dibujo. «Éste es el collar de la joven», dijo. Otro respondió: «No, ésa es la boca de la anciana». Poco a poco empezaron a examinar con calma puntos específicos de diferencia, y finalmente un alumno, y después otro, hicieron la experiencia de un reconocimiento súbito al centrarse en las imágenes respectivas. Mediante una continuada comunicación, tranquila, respetuosa y específica, todos los que nos encontrábamos allí finalmente llegamos a comprender el otro punto de vista.

(...).

Esto no significa que no existan hechos. En nuestro experimento, dos individuos inicialmente influidos por distintas imágenes condicionadoras miraban juntos la tercera figura. Miraban los mismos hechos (líneas negras y espacios blancos) y los reconocían como hechos. Pero la interpretación que cada uno de ellos daba a esos hechos representaba experiencias anteriores, y los hechos carecen de significado al margen de su interpretación. (Covey, 1997, p. 15 - 18).

Como se puede observar, para Covey, los resultados obtenidos por medio de un paradigma o modelo, aplicado para interpretar un hecho, dependen de la noción que se tenga de esa realidad. Dicha interpretación es similar a lo afirmado por Hawking & Mledinow, el cual consideran como una conclusión importante de su libro: “*No hay imagen – ni teoría – independiente del concepto de realidad*” (Hawking & Mledinow, 2010, p. 51). Aunque es preciso aclarar que Covey comparte la noción de *ruptura* que plantea Khun en la *Estructura de las Revoluciones Científicas*, pues considera que Khun “demostró que los descubrimientos significativos en el campo del esfuerzo científico aparecen primero como rupturas con la tradición, con los viejos modos de pensar, con los antiguos paradigmas” (Covey, 1994, p. 39). Y utiliza como ejemplo el cambio de paradigma entre Ptolomeo y Copérnico. De manera que, según Covey, sí existen las revoluciones científicas, y éstas son el resultado de tales rupturas:

Para Ptolomeo, el gran astrónomo egipcio, la Tierra era el centro del universo. Pero Copérnico creó un cambio de paradigma, suscitando muchas resistencias y persecuciones al situar al Sol en el centro. Súbitamente, todo fue objeto de una interpretación distinta.

El modelo newtoniano de la física es un paradigma de movimientos regulares y todavía constituye la base de la ingeniería moderna. Pero es parcial, incompleto. El mundo científico moderno se vio revolucionado por el paradigma einsteiniano, el paradigma de la relatividad, cuyo valor predictivo y explicativo es mucho mayor. (Covey, 1997, p. 19).

Sin embargo, en este trabajo se muestra de manera clara y concisa, que tales rupturas no son absolutas u omnipresentes en la historia de la ciencia. Aunque sí se puede utilizar el argumento de Covey conjuntamente con el de los autores de la teoría “M”, para comprender los casos en los que dos modelos arrojan interpretaciones diferentes o dos realidades

diferentes acerca de un mismo hecho. Es decir, el argumento de Covey es afín con *el realismo dependiente del modelo* expuesto por Hawking & Mledinow para estructurar la teoría “M”.

Además, es preciso agregar que Hawking & Mledinow comparten el punto de vista de Hume (1711 – 1776), pero en el sentido en que, “a pesar de que no tenemos garantías racionales para creer en una realidad objetiva, no nos queda otra opción sino actuar como si dicha realidad fuera verdadera” (Hawking & Mledinow, 2010, p. 54).

Para los científicos, al igual que para los estudiantes que participaron en el ejercicio presentado por Covey, los resultados que arrojan los modelos son correlativos con la noción de realidad que tiene el investigador con respecto al hecho estudiado. Pero para evitar que esta consideración conduzca a la ciencia a incurrir en la ambigüedad o en la incertidumbre total, es preciso atender la recomendación de Mledinow:

De hecho, los experimentos que se han realizado a los experimentadores demuestran que los científicos tienen una tendencia a ver lo que quieren ver, y a convencerse con datos que quieren encontrar convincentes. Sí: los científicos y la ciencia son falibles. Aun así, estas razones no llevan a dudar del método científico, sino que conducen a la necesidad de seguirlo tan escrupulosamente como sea posible. (Chopra & Mledinow, 2012, p. 32).

De manera que se puede considerar a los modelos como si fueran *una* realidad verdadera, pero no como *la* realidad verdadera, es decir, son una interpretación de la realidad, pero pueden existir otras realidades acerca del mismo hecho. Sin embargo, aun teniendo en cuenta que se puede considerar un modelo como si fuera una realidad, se debe atender la recomendación de Gribbin, cuando señala que se debe tomar al “*como si*” como se lee:

Los modelos científicos son representaciones de la realidad, no la realidad en sí misma, y no importa lo bien que funcionen o lo precisas que sean sus predicciones bajo las circunstancias apropiadas, siempre se considerarán aproximaciones y ayudas a la imaginación, más que la

verdad absoluta. Cuando un científico afirma, por ejemplo, que el núcleo de un átomo está compuesto por partículas denominadas protones y neutrones, lo que en realidad debería decir es que el núcleo de un átomo se comporta, bajo determinadas circunstancias, *como si* estuviera formado de protones y neutrones. Los mejores científicos toman el «como si» como se lee, pero entienden que sus modelos son, efectivamente, sólo modelos; científicos menores a menudo olvidan esta diferencia crucial. (Gribbin, 2007, p. 17).

Ahora bien, para Hawking & Mledinow, el intrincado debate trabado entre las corrientes filosóficas *realistas* y *antirrealistas* se puede resolver utilizando *el realismo dependiente del modelo*, dado que según ellos, mediante este argumento no tiene sentido preguntar si un modelo es real o no, sino que más bien se debe preguntar si ese modelo concuerda o no con las observaciones. Argumentan que, en el caso en que dos modelos concuerden con las observaciones, como es el caso del efecto fotoeléctrico realizado por Einstein, no se puede concluir que uno sea más real que el otro. Podemos optar por el modelo que más se acomode a la situación que se está tratando, pero no se podría afirmar que el otro esté equivocado. Y plantean su hipótesis acerca de qué tipo de modelo se debería elegir:

Un modelo es satisfactorio si:

- 1) Es elegante.
- 2) Contiene pocos elementos arbitrarios o ajustables.
- 3) Concuerda con las observaciones existentes y proporciona una explicación de ellas.
- 4) Realiza predicciones detalladas sobre observaciones futuras que permitirán refutar o falsar el modelo si no son confirmadas. (Ibíd., p. 60).

Nótese la similitud con los puntos 2 y 6, planteados por Popper en la página 61 de su obra *Conjeturas y Refutaciones*, que mencionamos en el capítulo I:

2. Las confirmaciones sólo cuentan si son el resultado de predicciones riesgosas, es decir, si, de no basarnos en la teoría en cuestión, habríamos esperado que se produjera un suceso que es incompatible con la teoría, un suceso que refutara la teoría.

(...)

6. Los elementos de juicio confirmatorios no deben ser tomados en cuenta, excepto cuando son el resultado de un genuino test de la teoría; es decir, cuando puede ofrecerse un intento serio, pero infructuoso, de refutar la teoría (en tales casos, hablo de “elementos de juicio corroboradores”). (Popper, 1994, p. 61).

Por lo tanto, desde la perspectiva del realismo dependiente del modelo no existe un modelo standard y excluyente desde el cual interpretar la realidad a partir de las observaciones. Aunque, como se ha dicho, no se podría afirmar con respecto a un modelo, que éste coincida con *la* realidad, sino con *una* realidad.

Al respecto de este punto, Chopra, en el libro que comparte con Mledinow, afirma: “La ciencia es el mejor método que conocemos para descubrir la verdad relativa al universo material, pero los poderes de la ciencia tienen límites” (Chopra & Mledinow, 2012, p. 323).

## **2. La inconmensurabilidad.**

Según el análisis que se ha propuesto, y a partir de la perspectiva de Popper expuesta en el capítulo I de este trabajo, sólo se podría aludir a la inconmensurabilidad khuniana como a la referencia de la existencia de diferencias entre las distintas teorías analizadas; pero no se puede tomar esta inconmensurabilidad como un total desentendimiento o ruptura epistémica entre ellas. Siendo así las cosas, no se puede considerar una intraducibilidad absoluta entre las formulaciones de los físicos del pasado y las del presente. Por tanto, no se puede afirmar estrictamente que la teoría de Einstein haya desplazado a la teoría Newtoniana.

Con respecto a las conexiones entre las teorías que llevaron a Hawking conjuntamente con su colega Mledinow a armar una red de teorías en el libro *El Gran Diseño*, se puede observar al primero ocupándose del tema en forma de preludio en sus obras anteriores:

¿CÓMO PROSEGUIRÁ EN EL FUTURO NUESTRO VIAJE EN POS DE NUEVOS descubrimientos? ¿Culminaremos nuestra búsqueda de una teoría unificada completa que gobierne el universo y todo lo que contiene? De hecho, como he dicho en el Capítulo 2, podría ser que ya hubiéramos identificado la Teoría de Todo en la teoría M. Por lo que sabemos hasta ahora, ésta no tiene una formulación única pero hemos descubierto una red de teorías aparentemente diferentes, todas las cuales parecen aproximaciones en diversos límites a una misma teoría subyacente. La situación es semejante, por ejemplo, al caso de la gravitación, en que la teoría de Newton es una aproximación a la teoría de la relatividad general de Einstein en el límite en que el campo gravitatorio se hace pequeño. La teoría M es como un rompecabezas: es relativamente fácil identificar y ensamblar las piezas de sus bordes, es decir, estudiar la teoría en los límites en que alguna magnitud se hace pequeña. (Hawking, 2002, p. 50).

Además, como ya se ha observado en el anterior capítulo de este trabajo, Hawking & Mledinow explican que en ciertas circunstancias para la física experimental sí las diferencias entre la mecánica newtoniana y la relativista son muy ínfimas, y las fórmulas de Newton son más simples que las de Einstein, entonces resulta más práctico usar la mecánica clásica (este es el caso de la conexión matemática entre la física clásica y la relativista en cuanto a la energía cinética). Y ante este entendimiento entre una y otra ley física, se puede afirmar que no son absolutamente intraducibles o incompatibles entre sí, tal como lo afirma Khun. Este es el sentido que se le puede dar a lo que Einstein quiso decir (y téngase en cuenta que a Einstein se le considera como el físico que produjo la más grande revolución en la historia de la ciencia) cuando afirmó en una ocasión: “No puede haber mejor destino para una teoría que el de señalar el camino hacia otra teoría más vasta, dentro de la cual viva la primera como caso limite”. (Popper, 1992, p. 56)<sup>12</sup>.

Este punto de vista einsteiniano nos permite deducir que la ciencia ha llevado una línea sucesiva de continuos progresos, pero con necesarios saltos intelectuales, que eventualmente

---

<sup>12</sup> Esta frase hace parte del epígrafe del capítulo 1, página 56 de la obra de Popper en *Conjeturas y Refutaciones*.

produjeron las llamadas *revoluciones científicas* (interpretando estas como un cambio casi total de una teoría a otra) y tener una base argumentativa para proponer que no existe inconmensurabilidad en un sentido absoluto.

Esta discusión acerca de la inconmensurabilidad y las conexiones implicadas en la teoría “M”, es la misma que encontramos en algunos textos referenciada como la controversia entre continuismo y discontinuismo, de la cual se ocupa el profesor Fidel Llinás en su texto *La Revolución Científica: Tensión entre continuismo y discontinuismo en el caso de la Teoría del Ímpetu* (Llinás 2007) <sup>(13)</sup>.

Ahora bien, de acuerdo a la discontinuidad, las nuevas teorías científicas deben ser consideradas como una estructura argumentativa muy distinta de las anteriores e intraducibles con respecto a aquellas. Sin embargo, de acuerdo al análisis de este trabajo, sólo cabe hablar de revoluciones científicas cuando se presentan los llamados saltos intelectuales entre una teoría y otra novedosa, como es el caso del paso de la teoría ptolemaica a la copernicana, en donde la visión humana del planeta cambió.

Según la discontinuidad o inconmensurabilidad, el término *revolución* parece tener erróneamente una connotación de ruptura radical entre una teoría y otra, dado que este término (revolución), supone un giro total de una teoría a otra completamente distinta, y es vista como una visión completamente aislada de las anteriores teorías. Es decir, al parecer de los *discontinuistas*, se descubre una nueva interpretación de la realidad del universo y se desecha la anterior. Según los seguidores de esa corriente, el nombre que se le asigna a esa

---

<sup>13</sup> El profesor Fidel Llinás es Magister en filosofía y a la fecha el Decano de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad del Atlántico.

nueva interpretación de la realidad, debido a sus rotundas diferencias con la anterior, es *revolución*.

Para comprender lo hiperbolizada que resulta de esta visión excluyente de las teorías anteriores con respecto a la que provoca dicha revolución, relacionaremos a continuación algunas afirmaciones de los propios científicos protagonistas de esas llamadas revoluciones. Por ejemplo, Nicolás Copérnico (Citado por Hawking, 2010) en el libro primero de su obra *Sobre las Revoluciones de los Orbes Celestes*, (y téngase en cuenta que a partir de su obra se empieza a usar por primera vez el término *revolución*), afirma lo siguiente:

Confieso que voy a exponer muchas cosas de diferente manera que mis predecesores, aunque conviene apoyarse en ellos, puesto que por primera vez abrieron la puerta en la investigación de estas cosas.

Otro físico, al cual se valora como precursor de otro gran cambio de paradigma científico es Isaac Newton, y a este se refiere Hawking en su libro *A hombros de Gigantes, Las Grandes Obras de la Física y la Astronomía*, afirma lo siguiente:

El 5 de febrero de 1676 Isaac Newton escribió una carta a su más acérrimo enemigo, Robert Hooke, que contenía la frase: «Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes». Presentada a menudo como un homenaje a los descubrimientos científicos de sus predecesores Copérnico, Galileo y Kepler, esta frase se ha convertido en una de las más citadas en la historia de la ciencia. En efecto, Newton reconoció las contribuciones de aquellos hombres, algunas veces en público y otras en escritos privados. (Hawking, 2010, p.643).

Al respecto de estos comentarios a favor de la continuidad planteados por estos personajes relevantes en la historia de la ciencia, lo que se deduce de la referencia expuesta por Hawking en el libro mencionado anteriormente, es que estos refleja adecuadamente cómo la ciencia, y

de hecho el conjunto de la civilización, consiste en una serie de pequeños progresos, cada uno de los cuales se alza sobre los alcanzados anteriormente.

Sin embargo, para Hawking, tal continuidad no es absoluta, ya que manifiesta que se requiere de ciertos saltos intelectuales en el proceso de descubrir nuevas teorías, y esto lo aclara en la introducción de esta misma obra:

Newton dijo que había subido a hombros de gigantes. Pero tal como este volumen ilustra muy bien, nuestra comprensión no avanza tan sólo edificando lenta y continuamente a partir de los trabajos anteriores. Algunas veces, como ocurrió con Copérnico o con Einstein, tenemos que dar un salto intelectual a una nueva visión del mundo. Quizá Newton debería haber dicho “use hombros de gigantes como trampolín”. (Hawking, 2004, p. 10).

Ahora bien, como se sabe, desde la teoría heliocéntrica de Copérnico hasta la actualidad, los seguidores del discontinuismo utilizan el término revolución cuando surgen saltos intelectuales entre las teorías científicas (con sus nuevos conceptos y nueva terminología, distinta a la ya existente), y también cuando las teorías presentan una nueva visión acerca de la interpretación de la realidad y del orden universal. Y dado que según ellos, el término *revolución* significa que se presenta un giro intelectual de 180 grados entre la teoría anterior y la nueva, este denominado *cambio absoluto*, como vimos, realmente no guarda estricta relación con las propias afirmaciones de aquellos mismos autores de las llamadas revoluciones científicas.

Con respecto al cambio de percepción de la realidad, sucede de igual manera que con el niño, que por ser pequeño todo lo valora gigante, pero cuando se hace adulto las dimensiones de las cosas toman otra perspectiva y su apreciación acerca de la realidad cambia.

En cuanto a las consideraciones acerca de las definiciones referentes a *revolución científica*, éste difiere mucho de lo que en esencia significan esas revoluciones como formulaciones novedosas, provisionales, de la interpretación de naturaleza del mundo. De manera que al analizar las teorías más relevantes (como lo hemos hecho en este trabajo), se observa que las semejanzas y diferencias más notables entre éstas, se comprende que no existe discontinuidad absoluta, tal como plantean los seguidores de la corriente discontinuista. Por lo tanto, desde nuestra visión continuista, *revolución* significa la reelaboración o reconstrucción crítica de todo cuanto ha avanzado y progresado la ciencia a través de toda su historia.

La continuidad en la historia de la ciencia, corresponde a la corriente que sostiene que existe continuidad entre las teorías desde la antigüedad, el medioevo, la época moderna y las teorías de vanguardia, de las que nos hemos ocupado en este trabajo. Por lo tanto, esta corriente considera que el conocimiento científico actual es una construcción histórico-cronológica, dado que se formó por acumulación y mediante la cual se ha potencializado y actualizado sus avances. Es decir, que el conocimiento científico que guía a la ciencia actual se caracteriza por un hilo conductor consecuente que conecta y ha permitido el hallazgo de nuevas teorías. Tal línea conectiva, en algunas ocasiones es muy delgada y en otras es más gruesa. Es decir, existen conexiones fuertes y débiles, que se mantienen desde el inicio de las primeras indagaciones de tipo científico desde Tales de Mileto. Y es justamente desde Tales de Mileto donde comienzan Hawking & Mledinow su trabajo en la obra analizada en este trabajo, hasta llegar a la Teoría “M”. Aunque las argumentaciones de Tales han perdido su eficacia con respecto a los argumentos científicos actuales y a los que se han venido desarrollando durante toda la historia, esto no le resta méritos al filósofo de Mileto, pues, tanto historiadores de la ciencia como filósofos, y los propios físicos actuales (como Hawking & Mledinow), destacan en Tales de Mileto el primer paso dado del mito a la razón. De manera que su nombre siempre

estará incluido en las diferentes versiones acerca de la historia de la ciencia y de la filosofía. Para los seguidores del continuismo, los argumentos que han dado lugar a que la ciencia llegara hasta su estado actual, no siempre presentan esos giros contundentes o extremos, que según los seguidores de la teoría khuniana han dado origen a una nueva interpretación acerca del origen del universo. Es decir, no todo es inconmensurable, ni tampoco conmensurable entre las teorías.

De manera que, los continuistas valoramos la continuidad histórica como hilo conductor que permitió llegar a la idea de una teoría unificada o teoría “M”, en donde cada etapa de la historia de la ciencia se ha ido convirtiendo en un soporte o “trampolín” para el posterior período de mejores formulaciones científicas.

Por otro lado, existen ciertas teorías que sí fueron desplazadas completamente por sus sucesoras. Un ejemplo de eso es la teoría del flogisto. Según esta teoría, todas las sustancias que eran susceptibles de entrar en combustión, lo hacían básicamente porque contenían flogisto. El proceso de combustión consistía en la pérdida de dicha sustancia. Así que esta teoría planteaba que sustancias como el carbón y el azufre estaban compuestas de flogisto. Sin embargo, la teoría del flogisto fue descartada completamente por el químico y biólogo francés Antoine Lavoisier (1743 - 1794) quien demostró que la combustión es esencialmente un proceso mediante el cual el oxígeno se combina con otras sustancias. En el año 1800 la mayoría de los químicos ya habían reconocido la validez del experimento de Lavoisier y la teoría del flogisto quedó definitivamente descartada.

De igual forma aconteció con la astrología. Al respecto del descarte de la astrología, Hawking en su libro *El Universo en una Cáscara de Nuez* dilucida lo siguiente:

Pero el motivo real por el que la mayoría de científicos no cree en la astrología no es la presencia o la ausencia de evidencias científicas acerca de ella, sino que no resulta consistente con otras teorías que han sido comprobadas experimentalmente. Cuando Copérnico y Galileo descubrieron que los planetas giran alrededor del Sol y no de la Tierra, y Newton formuló las leyes que rigen sus movimientos, la astrología devino extremadamente implausible. ¿Por qué deberían las posiciones de los planetas en el firmamento vistas desde la Tierra, tener correlación alguna con las macromoléculas de un planeta menor que se auto-denominan vida inteligente? Es esto lo que la astrología nos quisiera hacer creer. Para algunas de las teorías descritas en este libro no hay más evidencia experimental que para la astrología, pero creemos en ellas porque son consistentes con teorías que han superado numerosas pruebas experimentales. (Hawking, 2002, p. 28).

Como último ejemplo del hecho de que una teoría sea desplazada por otra, relacionamos a continuación la teoría del estado estacionario versus teoría del *Big Bang*. La teoría estacionaria fue propuesta por primera vez en la década de 1920 por Sir James Hopwood Jeans (1877 – 1946), físico, astrónomo y matemático británico. Este proponía una cosmología de estado estacionario, y tal teoría fue defendida por Einstein. Esta teoría fue más tarde revisada y defendida en 1948 por Fred Hoyle, Thomas Gold, Hermann Bondi, entre otros. Sin embargo, a partir de los cálculos teóricos, realizados en el trabajo de Hawking y Penrose, se demostró que un universo estático era imposible si se tiene en cuenta la relatividad general. Además, las observaciones de George Lemâitre, George Gamow y Edwin Hubble demostraban que el universo se estaba expandiendo, pues las mediciones así lo mostraban. Los problemas de esta teoría surgieron a finales de la década de 1960 cuando las evidencias observacionales permitieron mostrar que el universo estaba cambiando, que las galaxias estaban tomando distancia unas de otras a velocidades colosales. Esto concordaba con la teoría del surgimiento explosivo del universo, que según los cálculos, dicha explosión había ocurrido hace unos 12.750 millones de años, aproximadamente. La prueba definitiva vino con el descubrimiento de la radiación de fondo de microondas en 1965, pues en el modelo estacionario, el universo

había sido siempre igual y no había motivos para que se produjera una radiación de fondo con características térmicas.

### **3. Los aportes de Hawking a la teoría inflacionaria.**

La reciente corroboración de la teoría inflacionaria cuya autoría se le atribuye a Allan Guth, pone de manifiesto que esta ya había sido objeto de estudio por parte de Hawking, y a ésta se refiere en su reciente obra:

Había estado trabajando sobre todo en agujeros negros, pero mi interés en la cosmología se vio renovado por la idea de que el universo temprano había pasado por un periodo de expansión inflacionaria. Así habría crecido de tamaño a un ritmo cada vez mayor, igual que los precios suben en las tiendas. En 1982, empleando métodos euclidianos, demostré que ese universo no sería del todo uniforme. El científico ruso Viacheslav Mujanov obtuvo resultados parecidos aproximadamente en la misma época, pero no fueron conocidos hasta más tarde en Occidente.

Puede considerarse que esas irregularidades surgen de fluctuaciones térmicas debido a la temperatura efectiva en un universo inflacionario que Gary Gibbons y yo habíamos descubierto hace ocho años. Más tarde muchas otras personas hicieron predicciones parecidas. Organicé un encuentro de trabajo en Cambridge al que asistieron las principales figuras en la materia, y en aquella reunión establecimos la mayor parte de la visión actual de la inflación, incluidas las importantísimas fluctuaciones de densidad que dieron lugar a la formación de las galaxias y, por tanto, a nuestra existencia.

Aquello fue diez años antes de que el satélite explorador del fondo cósmico (COBE por sus siglas en inglés) registrara diferencias en el fondo de microondas en diferentes direcciones producidas por las fluctuaciones de densidad. Así, que de nuevo, en el estudio de la gravedad la teoría iba por delante de los experimentos. Más adelante las fluctuaciones fueron confirmadas por la sonda de anisotropía de microondas del satélite Wilkinson (WMAP, por sus siglas en inglés) y por el satélite Planck, y coincidían exactamente con las predicciones. (Hawking, 2014, p. 137-138).

Esta teoría fue propuesta por Alan Guth en 1980. Pero Guth basó su teoría en trabajos de otros físicos como Hawking, que había estudiado los campos gravitatorios sumamente fuertes como los que se encuentran en las proximidades de un agujero negro en los mismos inicios del universo. Por lo tanto, en la confirmación de tal teoría Hawking tiene méritos, por cuanto

enriqueció los argumentos teóricos que sirvieron de base para las experimentaciones que terminaron hallando las ondas gravitacionales primitivas.

Hawking y Don Page (<sup>14</sup>) trabajaron juntos para intentar calcular la probabilidad de la inflación en el estado inicial de Hartle-Hawking. Otros autores también se han dedicado a analizar este problema, ya que la inflación es infinita, dado que según los físicos teóricos, una vez que inicia, ésta se prolonga a sí misma y rápidamente abarca todo lo que hoy se conoce como el universo.

#### **4. La compleja conjunción entre determinismo e indeterminismo.**

##### **Un salto cuántico.**

Este cambio acerca de la interpretación de la naturaleza, a pesar de que significó un *salto*, guarda relación con las propias conclusiones de las teorías anteriores que precedieron a la mecánica cuántica. Hawking se refiere a este impresionante cambio de la siguiente manera:

El éxito de las leyes de Newton y de otras teorías físicas condujo a la idea del determinismo científico, que fue expresada por primera vez a comienzos del siglo XIX por un científico francés, el marqués de Laplace. Laplace sugirió que si conociéramos las posiciones y las velocidades de todas las partículas del universo en un instante, las leyes de la física nos deberían permitir la predicción de cuál será el estado del universo en cualquier otro instante del pasado o del futuro.

A primera vista, el determinismo también parece amenazado por el principio de incertidumbre, que establece que no podemos medir con precisión la posición y la velocidad de una partícula simultáneamente. Cuanto mayor es la precisión con que medimos la posición, menor será la precisión con que podamos determinar la velocidad, y viceversa. La versión de Laplace del determinismo científico sostenía que si conociéramos las posiciones y las

---

<sup>14</sup> Don N. Page es uno de los más notables estudiantes de Stephen Hawking, con quien ha publicado varios artículos científicos en diferentes revistas. Es físico teórico canadiense de la Universidad de Alberta, y es cristiano evangélico. Su trabajo se ha enfocado en el cuantun en la cosmología y en la teoría física gravitacional.

velocidades de las partículas en un instante dado, podríamos determinar sus posiciones y velocidades en cualquier otro instante del pasado y del futuro. Pero ¿cómo podríamos ni siquiera empezar si el principio de incertidumbre nos impide conocer con precisión las posiciones y las velocidades en un instante? Por buenos que sean nuestros ordenadores, si les introducimos datos imprecisos, obtendremos predicciones también imprecisas.

Sin embargo, el determinismo restablecido en una forma modificada en una nueva teoría denominada mecánica cuántica, que incorporaba el principio de incertidumbre. Hablando con cierta impropiedad, diríamos que en la mecánica cuántica podemos predecir con precisión la mitad de lo que podríamos esperar predecir en la perspectiva clásica de Laplace. En la mecánica cuántica, una partícula no tiene una posición o una velocidad bien definidas, pero su estado *puede* ser representado mediante lo que se llama la función de onda. (Hawking, 2002, p. 28-29).

Ahora bien, ¿cuál sería entonces la imbricación entre determinismo e indeterminismo? En física, si se trata de la mecánica clásica, opera la ley de causa y efecto, pero esta ley es reemplazada por la teoría de la relatividad si se trata de grandes velocidades, y por la teoría cuántica si se trata de dimensiones subatómicas. Como la física cuántica está guiada por el principio de incertidumbre, en ella se aplican complejos cálculos probabilísticos que obedecen al indeterminismo cuántico. Sin embargo, el indeterminismo no se debe confundir con el azar.

La matemática aplicada en la física cuántica se fundamenta en el análisis probabilístico y en la estadística. De esta manera la física cuántica ha hecho posibles avances tecnológicos como la fabricación de los *chips* electrónicos que hacen parte del hardware de las computadoras, de los teléfonos inteligentes y de los equipos que se usan en la elaboración de tomografías computarizadas. Próximamente estarán listos los ordenadores cuánticos. Tales ordenadores, tendrán la capacidad de realizar cálculos superveloces que permitirán explotar el trabajo hecho por los computadores de una manera exponencial, dado que no trabajan en base a bits, sino a cubits.

## **5. La teoría de todo.**

El reto para la física en el siglo XX, constituía en el problema de que la Teoría General de la Relatividad y la Mecánica Cuántica poseen incompatibilidades. Como ya se ha dicho en el capítulo I y en este capítulo, la física cuántica opera en el mundo de lo pequeño, es decir, del átomo, en el cual la gravedad es extremadamente pequeña. Y la teoría de la relatividad opera a la perfección en el mundo de lo macro, incluyendo objetos grandes como las galaxias, excepto en los agujeros negros y en el *Big Bang*. En la relatividad general los efectos de la física cuántica son imperceptibles. Entre los problemas que implicados en la teoría de unificación, estaba el de considerar al mismo tiempo en su explicación, objetos extremadamente densos y relativamente grandes como los agujeros negros, y otros extremadamente pequeños y extremadamente densos, como por ejemplo el universo antes del *Big Bang*. Al intento de unificar estas dos teorías, incluyendo los problemas derivados de su integración se le denominó gravedad cuántica, y fue propuesta por primera vez en 1974, por Stephen Hawking, quien tuvo la idea genial de tomar en cuenta la física cuántica para tratar de conocer lo que ocurre en el borde de un agujero negro. Según la física cuántica, el vacío en el sentido estricto del término, no existe (tampoco para el materialismo dialéctico). Y lo que se pudiera considerar como vacío, está lleno de actividad. Allí hay un continuo de partículas chocando unas con otras y emitiendo chispas reiteradamente, en el que aparecen y desaparecen parejas de partículas de materia. Por ejemplo, un electrón y su correspondiente partícula de antimateria, un positrón, que según las leyes de la física cuántica, chocan unas con otras y se aniquilan. Por lo cual se les llama partículas virtuales. Y al vacío en cual pululan estos efímeros pares de partículas se le denomina vacío cuántico. Al aplicar la idea del vacío cuántico en los bordes del horizonte de un agujero negro, Hawking propone que los pares virtuales creados justo en ese borde, se separarían antes de poderse aniquilar. Una partícula desaparecería en el abismo del agujero negro, en tanto que la otra por haber perdido

a su compañera, no tiene con quien destruirse y se puede escapar del horizonte del agujero negro. Esto lleva a la conclusión de que los agujeros negros emiten radiación, y de paso demuestra también que los agujeros negros, no son tan negros esta última idea fue defendida por primera vez por Hawking). *La radiación de Hawking* tiene consecuencias asombrosas: dado que la radiación lleva energía, y la energía según la relatividad es equivalente a la masa ( $E = mc^2$ ), un agujero que emite radiación de Hawking va disminuyendo su masa, y por lo tanto se irá desvaneciendo. Aunque lo hace a un ritmo demasiado lento.

### **5.1. Descubriendo dos realidades contradictorias.**

Por su parte, Einstein fue un genio revolucionario, en el sentido en que, tomó los viejos conceptos newtonianos como base y avanzó hacia nuevas ideas. Esto, como es lógico de imaginar debió ocasionarle problemas en sus investigaciones, que de seguro causaron contrariedades en su mente. Como es el caso de la dualidad de la luz, que lo llevó a investigar el efecto fotoeléctrico: ¿la luz es onda o es partícula? Un experimento demuestra que es una emisión de partículas y otro demuestra que es una onda.

Por un lado, Einstein se encontró con que la teoría de Planck aseveraba que la luz está hecha de cuantos de energía que se proyectan en el espacio. “La energía de un cuanto de luz debía ser, de acuerdo con las suposiciones de Planck, igual a la frecuencia de la luz multiplicada por la constante de Planck” (Heisenberg, 1959, p. 19). Este planteamiento de la Teoría de los Cuantos, que establecía que los intercambios de energía entre la materia y la luz, solo son posibles por cantidades finitas (cuantos) de átomos de luz, que posteriormente se denominarían fotones (esta teoría presentaba el inconveniente que no lograba explicar fenómenos ondulatorios, como por ejemplo: interferencias, difracción, etc.). Esta teoría era

considerada como *revolucionaria* con respecto a la teoría de la luz como onda (teoría ondulatoria tradicional). Según la teoría de Maxwell, la luz consistía, bien en ondas electromagnéticas, bien en cuantos de luz, es decir en paquetes de energía que atraviesan el espacio a la velocidad de la luz. ¿Pero podría ser la luz las dos cosas?

Por su parte, Einstein sabía que los fenómenos conocidos de difracción e interferencia sólo se podían explicar a través de la teoría ondulatoria ¿Cómo conciliar la contradicción que existía entre ambas teorías, la de los cuantos y la ondulatoria? Tomó la decisión de no pretender refutar la incompreensión entre ambas, sino que más bien decidió aceptar la condición dual de la luz, cuya interpretación y experimentación le valió el premio nobel. Según Heisenberg, “Tomó, simplemente, la contradicción como algo que quizá habría de entenderse sólo mucho más tarde” (Heisenberg, 1959, p. 20). Al respecto de la contradicción Pascal (Blaise Pascal 1623 – 1662) afirmó: “La contradicción no es una señal de la falsedad, ni la falta de contradicción una señal de la verdad”.

## **6. Conclusiones.**

El emparejamiento entre las aplicaciones de los modelos newtoniano y relativista, que permite igualar en este punto específico a estas teorías científicas, nos permite abogar por uno de los más interesantes puntos de la teoría “M”: el hecho de que las teorías de vanguardia no han desplazado del todo a las viejas teorías, y que por lo tanto no es absoluta la consabida inconmensurabilidad khuniana. Y esta es la pauta que utilizan los proponentes de la teoría “M” para acortar las “rupturas epistémicas” o el “cambio total” que los seguidores de la teoría de Khun utilizan para sustentar las llamadas revoluciones científicas. Esto hace de la teoría M, una teoría constituida por una diversidad de teorías, las cuales, individualmente ninguna podría responder al problema del origen del universo, pero que conectadas o entretejidas en

red, logran darle validez a los argumentos con los que Hawking & Mledinow pretenden presentar una explicación coherente y satisfactoria del más viejo de los interrogantes de la humanidad.

Tal conexión entre estas disímiles teorías es reforzada también por medio del argumento del “realismo dependiente del modelo”, que según los autores, permite afirmar que esas viejas teorías no han perdido su sentido, pues se acoplan a un contexto y a una percepción de la realidad que difiere de la que intenta interpretar la ciencia actual.

Ahora bien, sí la teoría “M” (como candidata a teoría completa del universo), es la unión heterogénea de diversas teorías científicas, que permiten unir las en puntos específicos, pero que también pueden ser distanciadas según el tipo de realidad que deseamos develar, entonces los seres humanos no podemos estar seguros de que exista una única y definitiva interpretación de la realidad del mundo físico. Lo cual, inicialmente es dilucidado a través del ejemplo de la visión de los pececillos en la página 47 del texto, y que detallan en las páginas siguientes:

(...) ¿Cómo sabemos que no somos tan sólo personajes de una opereta generada por ordenador, como Jim Carrey en la película El show de Truman? Si viviéramos en un mundo imaginario sintético, los acontecimientos no tendrían por qué tener lógica ni consistencia alguna ni obedecer ninguna ley. Los alienígenas que lo controlaran podrían considerar más interesante o divertido observar nuestras reacciones, por ejemplo, si la luna llena se partiera en dos o si cada persona que se sometiera a dieta desarrollara un antojo incontrolable por los pasteles de crema de banana. Pero si los alienígenas impusieran leyes consistentes, no tendríamos manera de decir si hay otra realidad tras de la realidad simulada. Sería fácil decir que el mundo en que viven los alienígenas es el mundo «real» y que el mundo generado por ordenador es un mundo falso. Pero si -como nosotros- los seres en el mundo simulado no pudieran observar su universo desde fuera, no tendrían razón para dudar de sus propias imágenes de la realidad. Eso es una versión moderna de la idea de que todos nosotros somos personajes del sueño de alguien. (Hawking & Mledinow, 2010, p. 50-51).

Por su parte la teoría de la inconmensurabilidad, plantea que la realidad que permite develar una teoría, dista radicalmente de la anterior, cuya revaluación es asumida como una revolución científica, dado que interpreta de manera distinta nuestra percepción de la realidad. Es decir, la inconmensurabilidad sólo admite un único modelo de realidad. Por lo tanto, ante el resultado diferente arrojado por la aplicación de dos teorías en un mismo experimento, se optará por uno de los dos y se debe considerar a un modelo correcto y al otro equivocado. En el caso de la luz por ejemplo, los seguidores de Khun tendrían que definirse entre sí esta es una onda o es una partícula. Cuestión que empezó a debatirse a partir del experimento que le permitió a Einstein obtener el premio Nobel de física.

Además, también podemos plantearnos en estas conclusiones la pregunta: ¿cómo convergen continuidad y discontinuidad en la teoría “M”?

La respuesta a este dilema surgido a partir de la dualidad de la luz, según Hawking y Mledinow es: depende del modelo que se utilice. De acuerdo a este concepto, sí aplicamos uno de los dos y obtenemos un resultado específico, no podríamos desechar el resultado del mismo experimento mediante otra teoría, y mucho menos afirmar que éste está equivocado. Por lo tanto, según el realismo dependiente del modelo nunca se va a develar un estado nuevo de realidad, sino que sólo se descubrirá otra perspectiva de lo que nosotros llamamos «realidad»; aunque tales teorías en el planteamiento de sus argumentos presenten incompatibilidades y similitudes, como lo es el caso de la conexión y diferencias significativas que hemos analizado antes entre la mecánica clásica y la relativista.

En la teoría de la inconmensurabilidad y de la discontinuidad el término “realidad”, aparte de resultar siendo problemático desde el punto de vista lingüístico, también lo es desde el punto

de vista epistémico. Tal ambivalencia o conflicto terminológico-epistemológico, es resuelto por los físicos teóricos Hawking & Mledinow con el realismo dependiente del modelo. Por lo tanto, se puede afirmar que en lo sucesivo las teorías que surjan no debelaran nuevas realidades, sino más bien otras alternativas de la realidad.

Para Hawking & Mledinow (los primeros en plantear el realismo dependiente del modelo) con este concepto nuevo inicia el desarrollo de una nueva dinámica interpretativa de la realidad.

Por su parte, Hawking afirmó recientemente <sup>(15)</sup> que el universo que vemos bien podría ser en realidad una ilusión. Del mismo modo que un holograma es un objeto en dos dimensiones que simula tener tres dimensiones, nuestro universo de cuatro dimensiones (arriba-abajo, adelante-atrás, izquierda-derecha, espacio-tiempo) podría ser en realidad una estructura de tres dimensiones que “parece” tener cuatro.

Con respecto a la revisión de las críticas que plantean Hawking & Mledinow a los filósofos contemporáneos y que también hace parte del análisis de este trabajo, se puede concluir que parte de ellas son falaces. Ese es el caso de la expuesta en el capítulo I de este trabajo: “la filosofía ha muerto” <sup>(16)</sup>.

---

<sup>15</sup> Tales afirmaciones hacen parte de la conferencia presentada por Hawking en el auditorio del Palacio de Congresos Magma, en el marco la III Edición del Festival Starmus titulado “Starmus, 50 años del hombre en el espacio”, sur de Tenerife (Islas Canarias), realizado del 22 al 27 de Septiembre de 2014, en el cual se reunió un grupo destacado de científicos, astronautas y Premios Nobel. Contacto Prensa: Porter Novelli: Brezo Rodríguez /Natividad Fradejas / Ana Sierra /91 702 7300 – press@starmus.com  
brezo.rodriguez@porternovelli.es / natividad.fradejas@porternovelli.es / ana.sierra@porternovelli.es  
@PN\_Turismo.

<sup>16</sup> “(...) Tradicionalmente, esas son cuestiones para la filosofía pero la filosofía ha muerto. La filosofía no se ha mantenido al corriente de los desarrollos modernos de la ciencia, en particular de la física. Los científicos se han convertido en los portadores de la antorcha del descubrimiento en nuestra búsqueda de conocimiento” (Hawking y Mledinow, 2010, pág., 11).

En cuanto a la afirmación de que “La filosofía no se ha mantenido al corriente de los desarrollos modernos de la ciencia, en particular de la física”, tal vez tengan razón, dado que, evidentemente muchos filósofos se han desinteresado de los recientes hallazgos realizados por la física, y no han cumplido con su papel de revisar sus teorías, en tanto que éste es un papel que históricamente han desempeñado los filósofos desde la antigüedad. Sin embargo, si el propio Hawking afirma que “Cualquier teoría científica seria, sobre el tiempo o cualquier otro concepto, debería en mi opinión estar basada en la forma más operativa de filosofía de la ciencia: la perspectiva positivista propuesta por Karl Popper y otros”, entonces, eso quiere decir que él particularmente se está basando en la filosofía popperiana para fundamentar sus argumentos. De lo cual, se puede deducir que, sí la filosofía popperiana está presente en su obra (realmente no sólo está presente en su obra, también en la de otros físicos), entonces la filosofía al darle soporte, consistencia y fiabilidad a sus teorías, se encuentra en ellas y resulta falsa la afirmación. Por lo tanto, resulta ser una contradicción el afirmar “que la filosofía ha muerto”.

Ahora bien, si acaso sea acertada su afirmación de que “Los científicos se han convertido en los portadores de la antorcha del descubrimiento en nuestra búsqueda de conocimiento”, tales descubrimientos han sido posibles, debido a que estos se han servido de la filosofía de la ciencia como instrumento en la formulación de sus problemas de investigación. En especial de la teoría popperiana.

Además, se debe tener en cuenta que la filosofía no produce (ni es su papel hacerlo) *conocimientos* en los campos de la ciencia, sólo coadyuva, ejerciendo críticamente su rol a través de un verdadero riguroso *control y revisión* de los cimientos argumentativos de la ciencia.

## BIBLIOGRAFÍA

Covey, Stephen. *Los Siete Hábitos de la Gente Altamente Efectiva*. Editorial Paidós Ibérica S. A. © 1998. ISBN: 84-493-0432-6.

Chopra D., y Mledinow L. *Guerra de Dos Mundos, Ciencia Contra Espiritualidad*, D. R. Santillana Ediciones Generales, S. A. de C.V., © 2012. ISBN: 978-607-11-1688-8.

Davies, Paul, *Súper-Fuerza*, 1985 Salvat Editores S.A. E Barcelona ISBN 0-671-47685-8.

Festival Starmus III Edición, *Starmus, 50 años del hombre en el espacio*, Tenerife, Islas Canarias, del 22 al 27 de Septiembre de 2014. Contacto Prensa: Porter Novelli: Brezo Rodríguez/Natividad Fradejas/Ana Sierra/91 702 7300—press@starmus.com, brezo.rodriguez@porternovelli.es/natividad.fradejas@porternovelli.es, ana.sierra@porternovelli.es, @PN\_Turismo.

Greene, Brian, *El universo elegante, Supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de una teoría final*. Editorial Crítica, S.L.2006, Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona. ISBN: 84-8432-781-7

Gribbin, John and Mary, *Biografía del Universo*. Editorial CRÍTICA © 2007. ISBN: 978-84-8432-914-5.

Hawking S., *A HOMBROS DE GIGANTES. LAS GRANDES OBRAS DE LA FÍSICA Y LA ASTRONOMÍA*. Editorial Crítica, S.L. Barcelona © 2010. ISBN: 978-84-9892-094-9.

Hawking S. y Mlodinow L., *EL GRAN DISEÑO*. Bogotá Edit. Planeta colombiana S.A. © 2010. ISBN 13: 978-958-42-2519-1.

Hawking, S., *El UNIVERSO EN UNA CÁSCARA DE NUEZ*. © 2002 Editorial Planeta, S.A., Córsega, 273-279, 08008 Barcelona. ISBN: 84-8432-293-9

Hawking, S., *HISTORIA DEL TIEMPO. DEL BIG BANG A LOS AGUJEROS NEGROS*. Editorial Planeta De Agostini S. A © 1992. ISBN: 84—395-2169-3.

Heidegger, M., *¿Qué es la Filosofía? 2004*, Herder Editorial, S. L., Barcelona. ISBN: 84-254-2312-0

Heisenberg, W. *FÍSICA Y FILOSOFÍA*. © Editorial La Isla, S. R. L. Buenos Aires, 1959.

Khun, Thomas, *LA ESTRUCTURA DE LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS* (Traducción: Agustín Contín) Breviarios 213 Fondo de Cultura Económica 1971.

Llinás, Zurita F., *La Revolución Científica: Tensión entre continuismo y discontinuismo en el caso de la Teoría del Ímpetu*. Universidad de Atlántico ISBN: 978-958-44-1537-0 Barranquilla, Colombia 2007.

Popper, K. *Lección sobre el conocimiento*, conferencia pronunciada con motivo de su investidura como Doctor Honoris Causa por parte de la Universidad Complutense de Madrid, 28 de octubre de 1.991.

Popper, Karl, *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Ediciones Paidós Ibérica. 1994. ISBN 978-84-7509-146-4.

Thorne, Kip, *Agujeros negros y tiempo curvo. El escandaloso legado de Einstein*. Crítica Grijalbo Mondadori Barcelona 1995. ISBN: 84-7423-697-5.