

La duda creativa y las revoluciones científicas

(Creative doubt and scientific revolutions)

José Ricardo Díaz Caballero¹

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Habana, Cuba
Recibido em 6/9/2010; Aceito em 7/7/2011; Publicado em 28/9/2011

La duda siempre ha jugado un papel esencial en el desarrollo de la ciencia. Ilustrar esta regularidad, a través de esa importante página de la historia de la física que representó la génesis y maduración de la revolución científica que trajo a luz la teoría especial de la relatividad, es la razón de ser del presente artículo.

Palavras-chave: duda creativa, revolución científica, paradigma, teoría de la relatividad.

The question has always played an essential role in the development of science. To illustrate this regularity through this important page in the history of physics that was the genesis and maturation of the scientific revolution that brought forth the special theory of relativity is the “raison d’être” of this article.

Keywords: creative doubt, scientific revolution, paradigm, theory of relativity.

“No hay cátedras para el genio: el genio no sigue reglas, él las crea”.
José Martí

1. Introducción

Una importante premisa gnoseológica que prepara el terreno a la creatividad científica es la *duda*. La duda en la ciencia es un estado gnoseológico y psicológico que conduce, tarde o temprano, a la búsqueda de caminos que modifican las representaciones existentes con nuevos conceptos, principios, datos e interpretaciones de hechos, o restricciones, que amplían o limitan su campo de aplicación. Las revoluciones en las ciencias naturales son un excelente escenario para mostrar esta importante regularidad del pensamiento. Ilustrar dicha regularidad, a través del proceso de génesis y maduración de la teoría especial de la relatividad, es el objetivo del presente artículo.

2. Imagen de las revoluciones científicas

Existen períodos en que la ciencia se desarrolla, como tendencia, de forma *evolutiva* mediante la acumulación de conocimientos que afianzan las teorías, conceptos, leyes, principios, métodos, ideales y normas dominantes en la actividad científica. Asimismo, tienen lugar épocas de cruentos y ostensibles cambios en los métodos de investigación tradicionales, etapas de sustitución radical de teorías y representaciones en boga por otras nuevas. Con ello se quiere subrayar el hecho conocido de que la actividad científica se desenvuelve

dialécticamente, a través de períodos de relativa calma y evolución y etapas de encarnizadas polémicas y cambios revolucionarios.

En el curso de la revolución científica tiene lugar el “derrumbe” de ideas, representaciones, principios, normas, reglas y conceptos fundamentales que dominaban hasta el momento en el campo de determinada ciencia, teoría o grupo de ciencias y su sustitución por otros sustentados en un nuevo *estilo de pensamiento* y un nuevo *cuadro de la realidad estudiada*.

Las revoluciones en la ciencia ocurren en lo fundamental a nivel de las representaciones y generalizaciones teóricas y no en la esfera de los descubrimientos y observaciones puramente empíricos, que sirven de premisa para la revolución pero que por sí solos no constituyen todavía un cambio revolucionario

Así, el descubrimiento empírico del oxígeno (de hecho él haberlo encontrado en la naturaleza) no representó ninguna revolución y muy bien pudo ser interpretado desde posiciones flogísticas. Solo después de que Lavoisier, basándose en una novedosa interpretación teórica de este descubrimiento, destruyó la teoría del flogisto en su propia base se produjo la revolución en la química a finales del siglo XVIII.

El término “revolución científica” es fruto de la reflexión filosófica. Los grandes creadores en los diversos ámbitos de las ciencias particulares rara vez han recurrido a la noción de “revolución” al realizar el análisis

¹E-mail: joser@gest.cujae.edu.cu.

retrospectivo de su propio aporte científico, sino por el contrario, más que haber iniciado una nueva etapa en el desarrollo de la ciencia, consideran que con su obra dieron cima a la etapa precedente de ese desarrollo.

Las revoluciones en la ciencia, con todas las regularidades y fenómenos que le son inherentes, constituyen en sí mismas un resultado directo del carácter dialécticamente contradictorio del proceso del conocimiento de la realidad y de su transformación creadora por parte del hombre; son vías para la solución a las contradicciones dialécticas que rigen en el curso del conocimiento y transformación del mundo, dando paso a nuevas propuestas y eliminando lo que se considera ya caduco en un proceso de negación dialéctica.

3. Fundamentos de la búsqueda científica o paradigma

La historia registra múltiples casos de teorías y representaciones que en la etapa de su mayor esplendor se convirtieron, por así decir, en el “centro de gravedad” de determinada ciencia, rama de la ciencia o conjunto de ciencias. Ejemplos clásicos de este tipo de teorías son: la teoría evolucionista de Charles Darwin en la biología, el sistema geocéntrico de Ptolomeo y el heliocéntrico de Copérnico en la astronomía, la mecánica clásica en la física y otras. Cada uno de estos sistemas científico-particulares determinó toda una época y sentó pautas en la ciencia de su tiempo recibiendo diversas denominaciones en la literatura especializada: teoría “oficial”, “dominante”, “fundamental”, “normal”, etcétera.

Hay que señalar sin embargo que existen casos, particularmente en el período de formación de determinadas ciencias, a los cuales es difícil aplicar el término “teoría”. Un ejemplo muy ilustrativo es el de las ideas acerca del origen divino y la invariabilidad de las especies animales y vegetales que dominaron hasta mediados del siglo XIX en la biología o, la doctrina preformista que reinó durante los siglos XVII y XVIII en el campo de las representaciones sobre el desarrollo individual de los organismos, en las cuales el elemento científico coexistió abiertamente con otros elementos de acentuado carácter místico-especulativo, aspecto este que, en múltiples ocasiones, imposibilitaba su verificación experimental y, en última instancia, la existencia de algún criterio más o menos objetivo de veracidad. En tales casos el término “teoría” pudiera ser empleado de manera convencional, teniendo bien claro que se hace referencia a “representaciones dominantes”.

A pesar de que en el período evolutivo la teoría dominante, como regla, explica los hechos científicos establecidos en su campo, también tiene que enfrentar en ocasiones una serie de hechos que temporalmente no en-

cuentran una interpretación adecuada en sus marcos y que son “asimilados” mediante la introducción de cambios en su contenido y forma al estilo de conceptos adicionales, restricciones y nuevos modos de formulación de sus ideas y principios esenciales.

En el curso del desenvolvimiento evolutivo de la ciencia se observan, asimismo, hechos que no pueden ser explicados incluso a pesar de realizar cambios en el contenido y la forma de la teoría oficial. Tales hechos son denominados *anomalías* y su aparición en determinada rama del saber es, en gran medida, un indicativo de la existencia de permanentes y profundos desacuerdos entre la teoría y la experiencia. Por lo general, los hechos anomalícos encuentran su explicación más allá de los límites de la teoría dominante y el paradigma a ella asociado, no obstante, los especialistas intentan hacerlo dentro de los marcos de dicha teoría empleando para ello el procedimiento, tan efectivo en el período evolutivo, de *introducir cambios en su contenido*

Un ejemplo de esta práctica o modo de proceder en la física fue la creación de una serie de *modelos mecánicos del éter*² con el propósito de dar respuesta a todo un conjunto de interrogantes que planteaban ante la mecánica clásica algunos hechos anomalícos establecidos en el dominio de los fenómenos electromagnéticos. La onda de luz se equiparaba a las sonoras, debidas al movimiento oscilatorio de las partículas de aire, o a las de agua, originadas por el movimiento oscilatorio de sus partículas. Con ello se quería hacer extensiva al estudio de las ondas luminosas, la representación clásica de las ondas propagándose por un medio material como resultado de las oscilaciones de sus partículas constitutivas

Así se afianzó y desarrolló en la física la idea del éter como medio material a través del cual se propagaban las ondas electromagnéticas. Con la hipótesis del éter, los científicos pretendían hacer corresponder los hechos polémicos establecidos en el terreno de las investigaciones sobre los fenómenos electromagnéticos con las representaciones físicas dominantes. Por tal motivo, en la medida que se fueron revelando nuevos y más profundos desacuerdos entre la concepción mecánica del éter y los resultados aportados por los experimentos, los físicos, para mantener esa correspondencia, se vieron en la necesidad de “dotar” al éter de nuevos atributos y propiedades en ocasiones muy sofisticados.

Basta para ilustrar lo expresado con mencionar algunos de los modelos creados con el propósito de explicar fenómenos como *la aberración de la luz*, descubierto por el astrónomo inglés James Bradley en 1728; *la constante de refracción a través del prisma*, establecida por Arago en 1810 para el caso de la luz proveniente de estrellas que se mueven a velocidades diferentes respecto a la Tierra, y otros hechos científicos. Entre esos modelos se pueden citar la *hipótesis del éter estacionario*, formulada con el fin de explicar la aberración de la luz;

²La génesis de la noción “éter” como instrumento para la explicación mecánica de los fenómenos físicos hay que buscarla en las entrañas de la física cartesiana, predecesora de la mecánica de Newton.

la teoría sobre la atracción parcial del éter por parte de los cuerpos en movimiento y el modelo del éter por completo arrastrado. Más aún, interpretar la naturaleza transversal³ de las ondas luminosas en el espíritu de un modelo mecánico al estilo clásico, exigió incluso considerar al éter un *cuerpo sólido* debido a que, como era por todos conocido, sólo en los sólidos se propagaban las ondas transversales.

Los modelos mecánicos del éter citados, y otros ejemplos análogos en la historia de la ciencia, evidencian que en el período evolutivo, los científicos, como tendencia prevaleciente, intentan por todos los medios a su alcance explicar, comprender los hechos anómicos sin transgredir los fundamentos tradicionales para la búsqueda científica dominantes en dicho período, o lo que es igual, el *paradigma imperante*.

La estructura de los *fundamentos de la búsqueda científica o paradigma* incluye tres componentes esenciales:

1. Los ideales y normas de la ciencia.
2. El cuadro científico del mundo.
3. Los fundamentos filosóficos de la ciencia.

Cada uno de estos componentes, aceptados y compartidos por la comunidad científica, tiene a su vez una estructura interna. Los *ideales y normas de la ciencia* abarcan:

- Los ideales y normas de la demostración y argumentación del conocimiento.
- Los ideales y normas de interpretación y descripción.
- Los ideales y normas de construcción y organización.

Éstas son las formas principales mediante las cuales se realizan y funcionan los ideales del conocimiento y las normas de la ciencia.

El segundo bloque de fundamentos de la ciencia es el *cuadro científico del mundo*. La ciencia moderna se halla organizada en disciplinas o ramas, y en el desarrollo de esas ramas desempeñan un importante papel los *esquemas-modelo del objeto investigado* mediante los cuales se fijan las características de la realidad estudiada. Esos modelos conforman, con frecuencia, cuadros especiales del mundo en cada ciencia tan pronto esta se constituye en rama independiente del conocimiento científico.

Por último, en el tercer bloque de los fundamentos de la búsqueda científica se incluyen las ideas y principios cosmovisivos que fundamentan tanto la *heurística filosófica* para la búsqueda científica como los ideales, normas y postulados más generales de la ciencia.

4. El drama de la revolución científica

A pesar de todos los esfuerzos y dificultades que lleva implícita la empresa de “enmascarar” el carácter

anómico de algunos resultados obtenidos en el curso de la práctica científica, los partidarios del paradigma persisten durante algún tiempo en la creencia de que introduciendo los cambios apropiados en el contenido y forma de las ideas y representaciones tradicionales, éstas lograrán asimilar tarde o temprano las anomalías, es decir, serán capaces de darles una explicación adecuada en el espíritu del paradigma gobernante. Empero, tales cambios e innovaciones en las representaciones o teoría oficial provocan consecuencias inesperadas en el *período de maduración de una revolución en la ciencia*. El objetivo de superar los desacuerdos entre la teoría y la práctica no sólo no se cumple, sino que, por el contrario, estos desacuerdos se agudizan hasta el punto de alcanzar el status de problemas críticos fundamentales planteados ante la ciencia o conjunto de ciencias en cuestión.

Basta recordar cómo los intentos de explicar los fenómenos electromagnéticos en el espíritu de los fundamentos para la búsqueda científica sustentados en la mecánica clásica, condujeron a la aparición de profundas contradicciones lógicas y dramáticas desacuerdos con los resultados de los experimentos. “Cada intento de explicar los fenómenos electromagnéticos en los sistemas de coordenadas en movimiento con ayuda del movimiento del éter; el movimiento a través del éter o, sencillamente, con ayuda de ambos movimientos resultó un fracaso. Así surgió una de las situaciones más dramáticas que conozca la historia de la ciencia. ¡Todas las conjeturas respecto a la conducta del éter fracasaron! El veredicto del experimento siempre fue negativo (...) Los intentos de revelar las propiedades del éter condujeron en fin de cuentas a serias dificultades y contradicciones” [1].

Cuando M. Plank afirmaba que el éter era hijo de la teoría mecánica pero, a decir verdad, un engendro doloroso para ella, le asistía toda la razón. Entre los diversos modelos construidos sobre la base de la hipótesis de la existencia del éter como medio material a través del cual se propagan las ondas electromagnéticas, cobró gran difusión en el siglo XIX aquel que lo caracterizaba como una “sustancia universal” en reposo absoluto respecto a la cual se encontraban en movimiento todos los cuerpos celestes. De tal presupuesto se deducía que dichos cuerpos en su movimiento debían provocar cierto “viento etéreo” susceptible de ser detectado y medido si se empleaban instrumentos ópticos adecuados. Con el propósito de comprobar la veracidad de este pronóstico y demostrar de forma experimental la existencia del éter, el físico norteamericano Albert Maichelson, ayudándose de un sofisticado interferómetro especular, realizó en 1881 un experimento que repetiría conjuntamente con Morley en 1887. Ambos experimentos arrojaron resultados negativos y, por supuesto, nuevas dificultades a la hipótesis de la existencia del éter. La

³En este tipo de ondas, las vibraciones de las fuerzas eléctricas y magnéticas son perpendiculares a la dirección en la que la onda se propaga y, en cada momento, las energías del campo magnético en el volumen dado del dieléctrico resultan iguales.

velocidad de la luz se comportaba como una constante independiente del movimiento de la fuente luminosa y del observador.

En la “fiebre” por arribar a un modelo mecánico del éter capaz de explicar el conjunto de hechos anómicos obtenidos en el campo de la óptica y la electrodinámica fue proliferando la *duda creativa* y algunos hombres de ciencia generaron *ideas no clásicas*⁴ que más tarde jugaron un papel fundamental, decisivo en la revolución que tuvo lugar en la física a finales del siglo XIX y comienzos del XX.

Por un lado, las investigaciones hacían cada vez más evidentes los puntos débiles del paradigma mecánico clásico. Por el otro, la mayoría de los naturalistas estaban convencidos de que era posible deducir de las leyes newtonianas toda la suma de conocimientos físicos existentes sin caer en serias contradicciones.

La luz, por ejemplo, se presentaba en calidad de movimiento ondulatorio de cierto medio hipotético (éter), el cual fue experimentando un significativo número de modificaciones en sus propiedades como consecuencia de la manipulación teórica a que lo sometieron los científicos con la esperanza de restablecer la correspondencia entre la concepción mecánica y los resultados de la experiencia. No obstante, del gran número de hipótesis propuestas para superar las contradicciones, ninguna encontró un basamento real objetivo. Para el análisis retrospectivo la razón es bien simple: comprender la verdadera naturaleza de los fenómenos electromagnéticos exigía superar la tradición de elevar la concepción mecánica al rango de cuadro científico universal de la realidad física.

Los trabajos de Maxwell dedicados al estudio y explicación de los fenómenos electromagnéticos constituyeron un paso decisivo en esta dirección y representaron en gran medida una ruptura radical y necesaria con las tentativas de formular algún tipo de modelo mecánico para las ondas electromagnéticas.

Las leyes de la electrodinámica no podían ser reducidas a las de la mecánica. Probablemente, fue Faraday quién primero comprendió este hecho al ver en las interacciones electromagnéticas modelos de *campo*, modelos de conexiones complejas que rebasaban los límites de las representaciones mecánicas de las fuerzas que actúan a *larga distancia*

Reflexionando en torno al problema del mecanismo de transmisión de la acción eléctrica en el vacío o en el éter, Faraday llegó a la idea de las *líneas de fuerza*, la cual situó en la base de sus investigaciones sobre electricidad y magnetismo casi desde los primeros momentos. En un inicio, Faraday consideraba que las líneas de fuerza eran no algo real, sino tan sólo una noción imaginaria, una representación mental auxiliar para la investigación. Sin embargo, ya en 1852 se refiere a ellas como una realidad objetivamente existente. A la argu-

mentación de dicha cuestión está dedicado el trabajo “Acerca de las líneas físicas de la fuerza magnética” en el que Faraday subraya la posible existencia física de tales líneas, representándose las como formaciones reales en el éter semejantes por su conducta a tubos de caucho que parten de un polo magnético y terminan en el otro.

Basándose en la representación acerca de la existencia de las líneas de fuerza, Faraday llegó incluso a poner en duda a la hora de interpretar fenómenos como la polarización de la luz, la validez de algunos modelos sustentados en la hipótesis del éter como medio de propagación de las ondas transversales. “A mi parecer —escribió—, el conjunto de dos o más líneas de fuerza se encuentra en condiciones adecuadas para una acción que puede considerarse equivalente a la vibración *transversal*, mientras que un medio homogéneo, análogo al éter, no parece apropiado para ello o, no parece más apropiado que el aire o el agua (...) La opinión que me atrevo a exponer estriba en considerar las radiaciones como cierto tipo superior de vibraciones en las líneas de fuerza, las cuales, como es sabido, ligan las partículas así como las masas de materia entre sí. Con esta opinión se intenta eliminar el éter pero no la vibración” [2].

Las ideas de Faraday sobre las líneas de fuerza contradecían también el principio clásico de la *acción a larga distancia* empleado de forma sistemática durante ese período en la explicación de los fenómenos eléctricos. Relativo a ello Maxwell escribió en la introducción de su *Tratado sobre electricidad y magnetismo*: “Faraday observó con su ojo mental líneas de fuerza atravesando el espacio. Allí donde los matemáticos vieron centros de tensión de fuerzas de acción a larga distancia, Faraday vio un agente intermedio. Donde ellos no vieron nada más que extensión, contentándose con haber encontrado una ley de distribución de las fuerzas que actuaban en los fluidos eléctricos, Faraday buscó la esencia de los fenómenos reales que transcurrían en el medio” [3].

No es de extrañar que los trabajos de Faraday constituyeran para Maxwell, un sólido punto de arranque en sus investigaciones sobre electricidad y magnetismo. Maxwell supo comprender en su verdadera dimensión la heurística contenida en los pensamientos de Faraday y el enorme valor que éstos tenían para la cimentación y desarrollo de una teoría consecuente y orgánica del campo electromagnético.

Intentando explicar el fenómeno de las interacciones eléctricas y magnéticas, Maxwell recurrió en un inicio a la obra de Ampere. Sin embargo, la teoría de Ampere no satisfizo sus expectativas debido a que, del mismo modo que otras teorías matemáticas de la electricidad, estaba construida sobre la base de la idea clásica de las *fuerzas que actúan a larga distancia o acción ins-*

⁴Ideas no-clásicas, es decir, que rompían en buena medida con algunos de los principios y postulados esenciales de la física clásica y, muy en particular, de la mecánica.

tantánea a gran distancia y no podía, por tal razón, fundamentar con éxito el por qué de toda una serie de hechos científicos establecidos en este campo de la física.

Maxwell comprendía con claridad que para cualquier tipo de interacción, para cualquier transmisión perturbadora era necesario un determinado intervalo de tiempo. Como esta idea no sólo ponía en tela de juicio, sino que entraba abiertamente en contradicción con la concepción dominante relativa al carácter instantáneo de toda interacción, se vio en la imperiosa necesidad gnoseológica de buscar otra alternativa, la cual encontró en las proposiciones de Faraday sobre las líneas de fuerza. En otras palabras, la empresa de crear una teoría coherente que reflejara de manera adecuada el acontecer a nivel de los fenómenos electromagnéticos exigió de Maxwell adoptar nuevas premisas o presupuestos gnoseológicos,⁵ entre ellos, reconocer *la existencia real de líneas de fuerza y el principio de la acción próxima*. Sobre este asunto escribió en una carta dirigida a W. Thomson: “Deseo confesarle una novedad eléctrica. He comprendido con relativa facilidad los principios fundamentales de la tensión eléctrica. Me ayudó mucho en ello la analogía con la transmisión del calor, la cual según creo, es un aporte suyo ya que no la he encontrado en ningún otro lugar. Luego, intenté formular una teoría para la atracción eléctrica, sin embargo, a pesar de que ya he podido definir este efecto, no he quedado satisfecho con la forma de dicha teoría por cuanto tiene que ver con corrientes elementales y sus interacciones. No vislumbro cómo se puede formular, a partir de esto, teoría general alguna”. Y continúa más adelante: “(...) he escuchado que Usted se ha referido en ocasiones a las ‘líneas magnéticas de fuerza’ que Faraday utilizara con tanto provecho, al tiempo que otros, al parecer sustentan la representación acerca de la interacción inmediata de los elementos de las corrientes. Hoy día considero que (...) cada corriente genera líneas magnéticas y actúa tal y como prescriben estas líneas” [4].

A pesar de que Maxwell arribó a sus generalizaciones partiendo de la analogía mecánica, el sistema de ecuaciones que lleva su nombre representó en esencia un conjunto de leyes que no podían ser reducidas a las mecánicas. El propio autor reconoció este hecho.

Después que Maxwell formuló las leyes fundamentales de la electrodinámica, entre los físicos se planteó un difícil problema, ya que estas, a pesar de describir con éxito la luz como ondas electromagnéticas, resultaron ser invariantes respecto a las transformaciones de Galileo. El hecho de que las ecuaciones de Maxwell fueran tan efectivas para el estudio y comprensión de los fenómenos electromagnéticos como las newtonianas en el campo de la mecánica, puso a los científicos en

la compleja situación de seleccionar la más adecuada entre tres posibles variantes:

- a) Considerar que las ecuaciones de Maxwell eran inexactas (intento de solución dado por H. Hertz).
- b) Abandonar el principio de la relatividad de las leyes físicas (camino seguido por Lorenz).
- c) Asumir que las transformaciones (o transformadas) de Galileo no eran completamente ciertas (solución al problema dada por Poincaré y Einstein).

Poniendo en duda la exactitud de las ecuaciones de Maxwell, y sobre la base de la hipótesis acerca de la existencia del *éter arrastrado*, Hertz ideó un sistema de ecuaciones que resultaban invariantes con respecto a las transformaciones de Galileo. Sin embargo, como demostró más tarde Lorenz, esta teoría entraba en desacuerdo con algunos hechos revelados en los experimentos, por ejemplo el fenómeno de la *aberración de la luz* y el *experimento de Fizeau*. Luego, cuando F. Frank descubrió que las exigencias para aplicar las ecuaciones de Maxwell a los cuerpos en movimiento conservando la invariancia respecto a las transformaciones de Galileo, conducían irremediamente al sistema de ecuaciones formulado por Hertz, este hecho puso en duda que fuera posible extender el principio de la relatividad de las leyes físicas al campo de la electrodinámica.

Tales circunstancias motivaron a Lorenz en la búsqueda de una nueva solución al asunto. El rumbo seguido por Lorenz consistió justamente en abandonar el principio de la relatividad de las leyes físicas y presuponer la existencia de un *éter inmóvil, estacionario*: único sistema inercial de referencia donde se cumplían las ecuaciones de Maxwell, adquiriendo éstas su forma más simple y la velocidad de la luz un valor constante en cualquier dirección que se realizara la medición. Para explicar la invariabilidad de la forma de las ecuaciones de Maxwell, en cuanto a su forma en los sistemas en movimiento con relación al *éter inmóvil* (establecido en los experimentos de 1^{er} y 2^{do} grado para el término v/c), sin renunciar a la tesis de que dichas ecuaciones eran invariantes respecto a las transformaciones de Galileo, Lorenz formuló y desarrolló las hipótesis del “tiempo local” y de la “contracción de las medidas longitudinales de los cuerpos en el sentido de su movimiento a través del éter” en los trabajos *Movimiento relativo de la Tierra y el éter* (1892) y *Experiencia de la teoría sobre los fenómenos eléctricos y ópticos en los cuerpos móviles* (1895).⁶

En los referidos trabajos, Lorenz no sólo puso en evidencia las inconsecuencias y desaciertos de la teoría de Hertz sino que comenzó a sentar las bases de lo que posteriormente sería, en forma ya acabada, su *teoría electrónica*

Según la *hipótesis de la contracción*, las medidas

⁵Premisas o presupuestos gnoseológicos de una teoría son aquellas idealizaciones, simplificaciones de la realidad que se realizan y asumen en el proceso de formación y establecimiento de los fundamentos específicos sobre los que se levanta dicha teoría.

⁶Después de haber publicado su trabajo, Lorenz tuvo conocimiento de las ideas del físico irlandés G.F. Fitzgerald quien sustentaba una opinión similar. La hipótesis de la *contracción* suele denominarse *hipótesis de Lorenz-Fitzgerald* debido a tal coincidencia.

iniciales (L) de los cuerpos que se mueven a través del éter estacionario con una velocidad (v) se reducen en el sentido del movimiento como consecuencia de su interacción dinámica con el éter hasta alcanzar el valor (L'), el cual se calcula mediante la fórmula

$$L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (1)$$

Tanto esta hipótesis de la contracción como la del “tiempo local” $t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, que no es nuestro objetivo examinar en estas páginas, constituyeron dos importantes presupuestos gnoseológicos que, unidos a la hipótesis del éter estacionario, permitieron a Lorenz arribar a una teoría electrodinámica de los cuerpos móviles, capaz de garantizar la invariabilidad de la forma de las ecuaciones de Maxwell en los sistemas en movimiento con relación al éter, sin renunciar al postulado mecánico clásico que exigía para las ecuaciones del campo electromagnético ser invariantes respecto a las transformaciones de Galileo.

Entre la *hipótesis de la contracción* y las *transformaciones de Galileo* tuvo lugar una importante *contradicción dialéctica*, cuyo despliegue y solución, contribuyeron al desarrollo de las representaciones físicas sobre el espacio y el tiempo.

En primer lugar, se puede afirmar que entre las transformaciones de Galileo y la hipótesis de la contracción de Lorenz se estableció una *relación de negación y exclusión mutuas* al analizar la velocidad de cuerpos que se mueven con velocidades cercanas a la de la luz. Según la ley clásica de la suma de velocidades (la cual se deducía directamente de las transformaciones de Galileo), por cuanto la Tierra se mueve alrededor de Sol con una velocidad de 30 kms/seg., la velocidad de un rayo de luz lanzado desde una fuente situada en la superficie de la Tierra, debía ser superior a la velocidad de otro rayo similar pero lanzado en dirección contraria a dicho movimiento. Sin embargo, desde la perspectiva de la hipótesis de la contracción de Lorenz, se debía obtener un resultado completamente contrario, esto es, velocidades aproximadamente iguales tanto para el rayo que es lanzado en el sentido del movimiento del planeta alrededor del Sol, como para el rayo lanzado en dirección contraria. De acuerdo con la hipótesis de la contracción esta igualdad de las velocidades (que se deducía de los resultados negativos obtenidos por Michelson en sus intentos de demostrar la existencia de un “viento etéreo”) se debía a la contracción del brazo del interferómetro orientado en la dirección del movimiento de la Tierra como resultado de su interacción con el éter inmóvil.

Cuando se analiza la ecuación propuesta por Lorenz para medir la contracción de los cuerpos en movimiento a través del éter $L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ (donde L' es la contracción del cuerpo, L la longitud del cuerpo en estado de reposo respecto al éter y v la velocidad del cuerpo en

su movimiento), se tiene que la contracción de las medidas del brazo del interferómetro de Michelson orientado en la dirección del movimiento de la Tierra, deben disminuir en la medida que se haga mayor la velocidad (v) del sistema con relación al cual el interferómetro se encuentra en reposo. Teóricamente, dicho cuerpo puede estar situado en cualquier cuerpo en movimiento, lo cual significa que, en principio, (v) puede tomar cualquier valor desde 0 hasta c . Para $v = 0$, se cumple que $L' = L$, siendo este el caso particular en que el interferómetro se encuentra situado en cualquier sistema en reposo respecto al éter inmóvil. En la medida que se incrementa la velocidad del sistema donde está situado el interferómetro, las medidas del brazo orientado en el sentido del movimiento se harán cada vez menores, y su valor tenderá a 0 ($L \rightarrow 0$) para velocidades cercanas a la de la luz ($v \approx c$). En el caso de $v > c$, el término $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

se hace un número imaginario. El significado físico de esta situación es que el término (c) en la hipótesis de la contracción de Lorenz debe ser considerado como el límite de los valores de velocidad (v) del interferómetro de Michelson en su interacción dinámica con el éter. En otras palabras, de la hipótesis de la contracción se deducía que la velocidad de la luz (c) era una especie de *valor límite* para las velocidades de los cuerpos en movimiento con respecto al éter inmóvil, esto es, todo lo contrario de lo que se debía esperar de acuerdo con la ley clásica de la suma de velocidades, según la cual podían existir valores de velocidad infinitamente superiores a (c).

Se puede afirmar incluso, que esta interpretación del resultado negativo del experimento de Michelson dada por Lorenz a la luz de la hipótesis de la contracción, contenía en sí misma *la idea de que la velocidad de los cuerpos, en virtud de la interferencia dinámica con el éter, no podía sobrepasar la velocidad de la luz (c)*.

Estos resultados o conclusiones son diametralmente opuestos e incompatibles entre sí. Si se acepta la hipótesis de la contracción, y por tanto la tesis de que la velocidad de la luz es una especie de límite infranqueable para los valores de velocidad de los cuerpos, entonces hay que rechazar la posibilidad de que existan velocidades superiores a (c), y con ello, la ley clásica de la suma de velocidades. Desde esta perspectiva, la hipótesis de la contracción negaba la veracidad de la ley de la suma de velocidades de Galileo, al menos para velocidades cercanas o iguales a la de la luz, y viceversa, la ley de Galileo negaba completamente la referida hipótesis al rechazar la existencia de un límite de velocidad en la naturaleza, estableciéndose entre ambas una relación de *negación mutua*.

Sin embargo, hay que señalar que la ley clásica de la suma de velocidades y la hipótesis de la contracción no solo fueron tendencias opuestas en el análisis de determinada problemática, sino que también *se presuponían, se condicionaban mutuamente* conformando una *unidad*

que adoptó la siguiente forma: las dificultades con que chocaban los científicos al explicar el hecho anómalo de que las ecuaciones de Maxwell no eran invariantes respecto a las transformaciones de Galileo, y por tanto con relación a la ley clásica de la suma de velocidades, condicionaban, presuponían por necesidad, la existencia de la hipótesis de la contracción, según la cual, las transformaciones de Galileo eran correctas, pero su acción compensada, enmascarada por la interacción dinámica que tenía lugar entre los cuerpos en su movimiento y el éter inmóvil. Asimismo, en los marcos de la hipótesis de la contracción de Lorenz se reconocía la posibilidad de emplear de forma directa las transformaciones de Galileo para el caso de velocidades significativamente pequeñas comparadas con la de la luz.

La *unidad y lucha de contrarios* que se estableció entre las transformaciones de Galileo y la hipótesis de la contracción fue un factor que contribuyó al *desarrollo* de los conocimientos físicos en el período de maduración y despliegue de la revolución en la física, vinculada con el surgimiento de la teoría especial de la relatividad.

5. Génesis dialéctica de la nueva teoría

La relación de presuposición y exclusión mutuas que se estableció entre las transformaciones de Galileo y la hipótesis alternativa de la contracción, actuando al unísono con otros factores y regularidades, planteó ante la física de la época el imperativo de crear una teoría más general que posibilitara sintetizar lo positivo existente en los conocimientos teóricos en contienda, así como comprender la verdadera causa de las crecientes dificultades con que chocaban los científicos para explicar toda una serie de hechos anómicos. Fue precisamente la necesidad de arribar a un conocimiento más general y abarcador, lo que condujo a Lorenz a sus celebres transformaciones en las que se sintetizaban ya las transformaciones de Galileo y las hipótesis de la “contracción” y del “tiempo local” pero aun sobre la base del supuesto mecanicista de la existencia de un “éter inmóvil o estacionario”. Esa misma necesidad llevó también a otros científicos a ideas muy cercanas a la teoría especial de la relatividad.

La perspicacia de Lorenz no dejaba pasar por alto que la hipótesis de la contracción, formulada para justificar los resultados negativos del experimento de Michelson, era muy artificiosa. Por ello se unió a los reclamos de Poincaré consistentes en liberar a los principios generales de la física de esta especie de paliativos teóricos *ad hoc*

Poincaré se pronunció de modo recurrente contra los esfuerzos de Lorenz y otros científicos dirigidos a justificar los resultados negativos de los experimentos mediante la hipótesis *ad hoc* de la contracción. Consideraba que siempre era posible introducir *ad hoc* alguna nueva hipótesis cada vez más forzada e ingeniosa con el

fin de restablecer la correspondencia entre la teoría y la experiencia. Por ello, Poincaré sugería abandonar tal proceder y encaminar los esfuerzos hacia la búsqueda de una solución radical al problema que cumpliera rigurosamente con el principio de la relatividad de las leyes físicas. Estas ideas, como reconociera tiempo después el propio Lorenz, influyeron en la formulación de una teoría más general.

Con el propósito de eliminar el carácter artificioso de la hipótesis de la contracción y justificar los hechos anómicos partiendo de la teoría electrónica, Lorenz introdujo el concepto de “tiempo local” y llegó, como se ha dicho, a sus famosas transformaciones de coordenadas. Sin embargo, el problema fue resuelto de manera rigurosa por Albert Einstein con la formulación de la teoría especial de la relatividad donde se produjo la *síntesis dialéctica* en un estadio superior, de los conocimientos físicos en pugna y encontraron solución importantes contradicciones dialécticas existentes en la física.

Einstein percibió con claridad la lucha de ideas presente en la física de su tiempo; conocía muy bien las dificultades con que se tropezaba al explicar el conjunto de fenómenos anómicos existente en el campo de la óptica y la electrodinámica desde las posiciones de los fundamentos clásicos para la búsqueda científica imperantes en estos dominios del saber.

Ya desde los años de estudiante, el joven Einstein trabajó conocimiento con las tesis esenciales de la concepción mecánica a través de la literatura científica y de los cursos y conferencias a que asistió. Newton sustentaba la idea de que existía un “tiempo matemático verdadero y absoluto” que transcurría de modo uniforme “sin nexo con los objetos externos”; comprendía el espacio como una especie de volumen absoluto, de receptáculo “homogéneo e inmóvil sin nexo alguno con los cuerpos” y, el movimiento, como simple traslación de los objetos de una posición a otra posición absoluta del espacio.

En su *Autobiografía de Creación*, Einstein caracterizaba el estado de la física como él se lo representaba en la juventud en los términos siguientes: “A pesar de que florecía (la física) en dominios aislados, en las cosas de principio gobernaba el estancamiento dogmático. Al comienzo (si hubo tal) Dios creó las leyes newtonianas del movimiento junto con las masas y fuerzas necesarias. Con ello todo acaba; lo demás se obtiene por vía deductiva como resultado de la elaboración de métodos matemáticos adecuados” [5].

La teoría de la relatividad proporcionó un duro golpe al estilo de pensamiento según el cual la mecánica clásica era valorada como la teoría ejemplo, patrón, modelo, tipo de lo que debía ser toda teoría. El hábito de reducir la explicación de los fenómenos a la creación del modelo mecánico apropiado, cedió el paso a una nueva representación cuántica relativista del mundo físico.

Einstein tuvo acceso, asimismo, a los puntos de vista de Maxwell, Hertz, Lorenz, Poincaré y otros en cuyas

obras se exponían, de una u otra forma, ideas alternativas, no-clásicas, que ejercieron gran influencia en la evolución de su pensamiento.

Ha sido establecido con bastante rigurosidad el hecho de que antes de la publicación del artículo “Sobre la electrodinámica de los cuerpos móviles”, Einstein no sólo conocía los trabajos de Lorenz de 1892 y 1895 [6], sino también algunos de Poncaire [7], por ejemplo el libro *Ciencia e hipótesis*, en los cuales el científico francés, sobre la base de un profundo examen crítico de los resultados experimentales y de los puntos de vista de Lamor⁷ y de Lorenz, adelantó una serie de ideas que luego pasaron a formar parte de la teoría especial de la relatividad.

Particular influencia ejerció en las reflexiones del joven Einstein la crítica que realizara Ernest Mach a los conceptos clásicos de “tiempo”, “espacio” y “movimiento”. En el libro *La Mecánica: Ensayo Histórico-Crítico de su Desarrollo* (1883), Mach contrapuso a la mecánica de Newton la tesis de que todo lo que acontece en el mundo es explicable a partir de la interacción de los cuerpos materiales y califica de erróneo el que en los marcos de la mecánica newtoniana las fuerzas inerciales se explicaran no por la interacción de los cuerpos sino debido al cambio de velocidad de los mismos [8]. Resulta también de interés la conclusión a la que arriba Mach en este trabajo, relativa al hecho de que la concepción newtoniana del “espacio absoluto” sin nexo con los cuerpos externos entraba en franca contradicción con el presupuesto general de la ciencia clásica, según el cual la interacción de los cuerpos era la causa de todo lo que sucede en la naturaleza. De una forma similar, negó también la representación acerca del “tiempo absoluto”. “En 1871 –apunta F. Hernek- Mach señalaba que las representaciones acerca del tiempo las obtenemos ‘a través de la dependencia, una de otra, de las cosas’. En nuestras representaciones sobre el tiempo se expresa ‘la dependencia profunda y universal de las cosas’. El concepto de tiempo absoluto es un concepto ‘metafísico’ (...)” [9].

Estos aspectos de la crítica de Mach a la mecánica clásica son precisamente los que desempeñaron cierto papel de importancia en el proceso de desarrollo de los puntos de vista de Einstein, induciéndolo al análisis crítico de las nociones mecánicas fundamentales. En la mencionada *Autobiografía de creación*, Einstein dejó constancia de ello: “(...) los físicos del siglo pasado vieron en la mecánica clásica un inmovible cimiento para la física e, incluso, para todas las ciencias naturales; ellos intentaron incansablemente fundamentar, sobre la base de la mecánica, la teoría maxwelliana del electromagnetismo. Lentamente, abriéndose

paso (...) Ernest Mach, con su historia de la mecánica, conmovió esa fe dogmática; en mi-estudiante este libro ejerció profunda influencia justamente en ese sentido” [10]. L. Infeld también hace alusión a este aspecto de la obra de Mach: “(...) a pesar de que hoy día Mach es valorado, con razón, como un filósofo idealista, no puede haber duda de que su análisis físico específico de la mecánica jugó determinado rol en el desarrollo de la física conducente a la teoría de la relatividad” [11].

Sin embargo, Ernest Mach no fue consecuente con su propia crítica. Al no hallar una teoría mecánica capaz de explicar de forma adecuada los hechos anómicos sin recurrir a la idea del espacio y el tiempo absolutos, pasó de la crítica física del carácter absoluto del espacio y el tiempo, a la impugnación idealista subjetiva de su carácter objetivo [12] que suscitara la crítica de V.I. Lenin en *Materialismo y Empiriocriticismo*. “La física moderna ha caído en el idealismo, sobre todo, precisamente porque los físicos ignoraban la dialéctica. Estos últimos han combatido el materialismo metafísico (...) su ‘mecanicidad’ unilateral, y, al hacerlo, han tirado de la bañera al niño con el agua sucia. Al negar la inmutabilidad de los elementos y las propiedades de la materia hasta entonces conocidos, han caído en la negación de la materia, esto es, de la realidad objetiva del mundo físico. Al negar el carácter absoluto de las leyes más importantes y fundamentales, han caído en la negación de toda regularidad objetiva en la naturaleza (...)” [13].

A diferencia de Mach, para Einstein los conocimientos científicos eran un reflejo de la realidad. Por ello no puso en duda la objetividad del espacio, el tiempo y el movimiento, y supo distinguir entre la crítica física que Mach hiciera de la mecánica y la crítica idealista del carácter objetivo del conocimiento científico inherente al machismo como corriente filosófica.

La reflexión física de Einstein trasluce un marcado carácter dialéctico. El examen crítico de la mecánica clásica y las interpretaciones alternativas fue para él la base, el punto de partida, en la búsqueda heurística de nuevas representaciones sobre el espacio y el tiempo. Entre los presupuestos gnoseológicos que cimentaron el proceso de creación de la teoría especial de la relatividad, se encuentra la renuncia einsteniana a la tradición de absolutizar las representaciones clásicas sobre el espacio y el tiempo, para reconocer abiertamente la autenticidad, el contenido objetivo, del principio de la relatividad y de las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético.

Al admitir como algo real y objetivo el hecho de que la velocidad de la luz en el vacío era la misma en todos los sistemas de coordenadas en movimiento rectilíneo uniforme uno respecto al otro (principio de la constan-

⁷Ya en 1895, analizando la teoría de Lorenz a la luz de los resultados experimentales, Poncaire escribió: “(...) es imposible descubrir el movimiento absoluto de la materia o, más exactamente, el movimiento relativo de la materia ponderable y el éter. Todo lo que se puede hacer es mostrar el movimiento de la materia ponderable respecto a la materia ponderable (...)” (H. Poncaire *Sobre la Teoría de Lamor*, artículo contenido en el libro *El Principio de la Relatividad* (Editorial Mir, Moscú, 1973, p. 7). Esta reflexión de Poncaire es un reconocimiento abierto del carácter universal del principio de la relatividad.

cia de la velocidad de la luz), el científico alemán negó el carácter universal de la ley clásica de la suma de velocidades, según la cual, la magnitud de la velocidad de los cuerpos varía en dependencia del sistema de referencia en el que se realiza la medición. De manera análoga, su afirmación de que todas las leyes físicas eran las mismas para todos los sistemas de coordenadas en movimiento rectilíneo uniforme uno con relación a otro (principio de la relatividad), constituyó una dejación de la hipótesis sobre la existencia de un *éter estacionario* en calidad de único y exclusivo sistema de referencia respecto al cual se encontraban en movimiento todos los demás sistemas. “(...) de un lado, - escribió Einstein - deberíamos admitir la inmovilidad del éter; del otro, el principio de la relatividad exige que las leyes de los fenómenos naturales vinculadas al sistema de referencia en movimiento uniforme S^I , sean idénticas a las leyes de esos mismos fenómenos en el sistema de referencia S inmóvil con relación al éter. Por eso no hay fundamento para suponer (...) la existencia de un éter inmóvil respecto al sistema S^I ” [14]. “(...) en todos los sistemas de coordenadas para los cuales son correctas las ecuaciones de la mecánica, se dan las mismas leyes electrodinámicas y ópticas (...)” [15].

Tales reflexiones condujeron a Einstein a la formulación de un nuevo principio de la relatividad, de acuerdo con el cual, en todos los sistemas de referencia en movimiento rectilíneo uniforme uno con relación al otro, rigen las mismas leyes, y la conversión mutua de sus respectivas coordenadas espaciales y temporales se lleva a cabo en correspondencia con las transformaciones de Lorentz.

Para llegar a esta formulación fue necesario conciliar el principio de la relatividad y el de la constancia de la velocidad de la luz; dos principios que para el sano sentido común tradicional aparecían como irreconciliables, por cuanto, su inclusión en un mismo sistema teórico implicaba poner en evidencia la ley de la suma de velocidades de Galileo, ¡todo un pilar de la física clásica!

La línea lógica que siguió el razonamiento de Einstein en el análisis de este asunto puede ser resumida en los términos siguientes:

Piénsese en un rayo de luz que se propaga a la velocidad C con relación al sistema de referencia S y que se desea determinar su velocidad de propagación respecto a otro sistema de referencia S^I que se encuentra en movimiento rectilíneo uniforme relativo a S . De acuerdo con la ley clásica de la suma de velocidades, obtendremos un valor de velocidad diferente de C . En otras palabras, el principio de la constancia de la velocidad de la luz es válido para el sistema S pero no lo es para el sistema S^I . De ello concluía Einstein que para conciliar el principio de la relatividad y el de la constancia de la

velocidad luminosa, sin caer en contradicciones, era preciso renunciar a la ley clásica de la suma de velocidades en calidad de ley universal o, lo que en su opinión era mejor, sustituirla por otra más general [16].

Con el objetivo de solucionar esta aparente paradoja, Einstein sometió a un riguroso análisis el concepto de “simultaneidad de los acontecimientos” llegando a establecer el carácter relativo del espacio y el tiempo, así como su estrecho nexo con el movimiento.

Es evidente que una de las motivaciones que condujo a Einstein a la creación de la teoría especial de la relatividad fue la búsqueda de una teoría más general que posibilitara superar toda una serie de dificultades y situaciones problemáticas existentes a nivel del conocimiento físico. En la práctica, sus reflexiones fueron portadoras de una profunda *negación dialéctica*, que no sólo reveló las limitaciones de las representaciones y nociones precedentes, sino también dio a luz una nueva y revolucionaria concepción acerca del espacio, el tiempo y el movimiento.

Einstein demostró que las *transformaciones de Galileo* no eran aplicables para el caso de velocidades cercanas o iguales a la de la luz, debido a que dichas transformaciones partían de la doctrina clásica del espacio y el tiempo absolutos, y desde esas premisas gnoseológicas era en extremo artificioso explicar los cambios que acontecen en los sistemas que se mueven a grandes velocidades, por ejemplo, el hecho de que los fenómenos electromagnéticos se manifiestan en los sistemas en movimiento tal y como si estos estuviesen en reposo, lo cual tiene que ver con el carácter relativo del espacio y el tiempo (*aspecto destructivo de la negación dialéctica de las transformaciones de Galileo que se realiza en los marcos de la teoría especial de la relatividad*). Al mismo tiempo, puso de relieve que las transformaciones de Galileo constituyen un caso particular de las transformaciones inherentes a la teoría especial de la relatividad y son plenamente aplicables en el estudio de sistemas cuyo movimiento transcurre a velocidades muy pequeñas con relación a la de la luz (*aspecto constructivo de la negación*)

Algo similar fue el destino de la *hipótesis de la contracción* de Lorentz. El principio de la relatividad que descansa en la base de la teoría de Einstein no necesitaba de la hipótesis del éter inmóvil. En este aspecto, negó la legitimidad de las transformaciones de Lorentz del “tiempo local” y de la “contracción” como medios para restablecer la correspondencia entre la hipótesis del éter inmóvil y los fenómenos anómicos, por ejemplo, los resultados negativos del experimento de Michelson-Morley (*aspecto destructivo de la negación dialéctica de la hipótesis de la “contracción” en los marcos de la teoría especial de la relatividad*). Por otro lado, la contracción de Lorentz $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, al igual que su transformación del tiempo, son retomadas, de forma

transformada, en la teoría especial de la relatividad, esto es, con un nuevo significado físico muy distinto al que tenían en la teoría electrónica de Lorenz. Si en la teoría de Lorenz, el término (v) representaba la velocidad con respecto al sistema del éter estacionario, en la teoría de Einstein, (v) es ahora la velocidad relativa respecto a un sistema de referencia que en principio puede ser cualquiera (aspecto constructivo de la negación).

La *especificidad* de este momento de la negación dialéctica realizada por Einstein consistió en que, tanto las transformaciones de Galileo como las de Lorenz, pasaron a la nueva teoría especial de la relatividad a través del “prisma” de las premisas gnoseológicas de dicha teoría, adquiriendo de esta manera una nueva semántica y revelándose un nuevo ángulo de las regularidades que tienen lugar en la naturaleza. Así se produjo la *síntesis* en los marcos de la nueva teoría, de las transformaciones de Galileo y de Lorenz, con lo cual encontró solución una importante contradicción dialéctica en la física.

El caso examinado muestra cómo las dificultades crecientes de la teoría oficial para explicar los hechos anómicos, presuponen la existencia y despliegue de *interpretaciones alternativas* y, viceversa, las limitaciones en la forma y el contenido de las interpretaciones alternativas, la falta del tiempo mínimo indispensable para alcanzar una sólida y multilateral argumentación y despliegue de sus potencialidades heurísticas y gnoseológicas más importantes y atractivas, así como su carácter, con frecuencia, especulativo, fragmentado y extravagante, justifican y hacen necesaria la permanencia de la teoría oficial. Por otro lado, las interpretaciones alternativas niegan la capacidad de la teoría oficial para dar una explicación adecuada a toda una serie de hechos anómicos descubiertos, al tiempo que, la teoría oficial niega todo tipo de comprensión y explicación de los fenómenos que transgreda los fundamentos para la búsqueda científica tradicionales. Tales relaciones entre la teoría oficial y las representaciones o interpretaciones alternativas plantean ante la ciencia el imperativo de crear una teoría más general y unificadora capaz de sintetizar lo positivo existente en los conocimientos teóricos en contienda, así como de explicar el por qué de las limitaciones gnoseológicas y las dificultades con que chocan los científicos para revelar la esencia de los objetos, procesos y fenómenos de la realidad estudiada.

6. Conclusiones

La ciencia tiene límites históricos concretos. Las teorías, reglas, ideales, normas, métodos, modelos y recursos tecnológicos que la conforman son una parte de esos límites; los fundamentos ideológicos, metateóricos, hermenéuticos, lógicos, gnoseológicos y heurísticos, que determinan y orientan la búsqueda científica, son la otra parte. A ellos hay que adicionar el nivel de desarrollo de la práctica histórico-social. Sin embargo, con todo y sus limitaciones epocales, la ciencia ha sido y conti-

nuará siendo un factor decisivo y esencial del progreso humano en el camino hacia verdades cada vez más acabadas y exhaustivas sobre el universo y el propio mundo espiritual de los seres humanos.

Los fundamentos de la búsqueda, aceptados y compartidos por la comunidad científica, determinan lo que es valioso investigar en un momento dado. Aquello que transgreda esos fundamentos confrontará dificultades para ser legitimado como objeto de investigación valioso para la comunidad científica.

Hace dos mil años se creía que la geometría euclidiana cubría todas las leyes del universo. No había nada más que añadir. Esta es la ilusión que, a manera de una regularidad, ha venido cumpliéndose en todos los períodos del desarrollo de la ciencia. Laplace se lamentaba de que existiese un solo universo y que Newton hubiera tenido la suerte de descubrir todas sus leyes [17]. La ciencia como otros ámbitos del quehacer humano, también tiene sus “mitos”. Piénsese en la historia de la supuesta demostración del último teorema de Fermat, el cual afirma que es imposible encontrar números enteros x, y, z que satisfagan la ecuación $x^n + y^n = z^n$, cuando n es un entero mayor que 2. Como Fermat no se volvió a ocupar del asunto, durante los siguientes tres siglos los matemáticos se han aplicado de manera recurrente en encontrar la demostración del teorema en cuestión. De cuando en cuando se ha presentado a “bombo y platillo” alguna supuesta demostración que más tarde ha hecho agua por diversas vías.

En el fondo, que este teorema tenga una demostración es más bien, al menos hasta ahora, un mito en el que muchos hombres de ciencia creen, de la misma manera que en el pasado los naturalistas creyeron en la existencia de la “preformación”, del “éter inmóvil” o del “flogisto”. Otro mito científico tecnológico, político y militar de nuestros días es creer, como lo hacen algunos trasnochados en este mundo, que se puede realizar una confrontación nuclear local, sin correr el peligro de que esta se transforme en un holocausto global, planetario.

Pierre Lévy señala: “En ciencia, como en otros lugares, muchas veces se fracasa, siempre se titubea (...) lejos de ser ‘indiscutibles’, las proposiciones científicas son objeto de encarnizadas controversias. Incluso una vez admitidas es necesario mantenerlas (ya que cada actor reinterpreta y cambia lo que recibe de otros) al precio de un gasto de energía considerable (laboratorios, aparatos de medida y registro, publicaciones, enseñanza, financiamientos; en suma diversos tipos de alianzas). En cuanto a las máquinas y los procedimientos técnicos, no se propagan de manera irresistible. Por un aparato que llega a tener éxito (todo el mundo lo reconoce como eficaz y por ello forma parte ya del decorado cotidiano), cientos han abortado en la sombra. Ciencia y técnica están hechos de la misma harina que los procesos ordinarios colectivos” [18].

En esta perspectiva histórica del movimiento de la ciencia, la duda siempre ha jugado un papel esencial.

Pareciera que el ejercicio de poner en duda el paradigma dominante en cualquier área es algo que se debe de aprender para revelar otras perspectivas y posibilidades dentro del propio paradigma o más allá de sus fronteras.

La duda en el período de génesis y maduración de la revolución científica, genera una actitud crítica que propicia la aparición de alternativas reflexivas. Con frecuencia, de esa reflexión nacen innovaciones y cambios que provocan tarde o temprano nuevas dudas, incertidumbre e innovaciones, las cuales entran en contradicción dialéctica con las ideas dominantes allanando el camino al nacimiento de la nueva teoría.

Las innovaciones y cambios en el contenido de la teoría mecánica, que por supuesto no se circunscriben sólo al campo de la explicación de los fenómenos electromagnéticos, prepararon el camino para la aparición de nuevos y más profundos desacuerdos entre dicha teoría y la experiencia. Más tarde, en la medida que se fueron revelando las interacciones entre esos *puntos neurálgicos* se conformó una especie de *complejo problemático*, en torno al cual gravitaba, en forma cada vez más diáfana, la conclusión de que la teoría mecánica no podía dar respuesta adecuadamente a las anomalías. Esta circunstancia provocó la aparición de hipótesis e ideas contentivas de *presupuestos gnoseológicos e interpretaciones alternativas no-clásicas, no-tradicionales* que intentaban explicar los hechos anómicos transgrediendo, en muchas ocasiones sin plena conciencia de la trascendencia que tenía tal proceder, los fundamentos para la búsqueda científica dominantes

El surgimiento de este género de *interpretaciones alternativas* en el período pre-revolucionario es una necesidad objetiva del movimiento evolutivo de la ciencia, generada por profundas contradicciones lógicas y limitaciones gnoseológicas del paradigma dominante para explicar los problemas acaecidos con el establecimiento y estudio de los hechos anómicos.

El análisis de las *interpretaciones alternativas* en su interacción con las *ideas dominantes* es de vital importancia para comprender momentos esenciales del desenvolvimiento creativo de la ciencia y, muy en particular, de la revolución científica, al menos en el espíritu de una unidireccionalidad del tiempo.

Algunos historiadores y filósofos relevantes niegan el nexo entre el viejo y el nuevo conocimiento en el curso del desarrollo revolucionario de la ciencia. Thomas Kuhn fue, en su momento, un caso muy ilustrativo.

En la obra *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn describe con detalle los rasgos que caracterizan la etapa de la *ciencia normal* (período evolutivo); analiza los cambios que se operan en la ciencia con el establecimiento de los hechos anómicos, llegando incluso a expresar que las reiteradas dificultades con que chocan los partidarios de la *teoría normal* o *teoría dominante* en sus esfuerzos por explicar las anomalías, plantean la necesidad de buscar *interpretaciones alter-*

nativas [19]. Sin embargo, no se detiene a investigar cuál es el papel que desempeñan esas interpretaciones en el desarrollo de la ciencia, sino que, acto seguido, comienza a examinar los procesos que acontecen en ella con el advenimiento de la nueva teoría.

En nuestra opinión, la causa de ese *salto* en la lógica del análisis se debe, entre otros factores, al hecho de indagar y reflexionar en torno a los conocimientos científicos como si fuesen *algo acabado*, lo cual no permite realizar un estudio efectivo de las dinámicas, deficientemente argumentadas y, en modo alguno, acabadas interpretaciones alternativas. No es factible valorar a cabalidad el papel protagónico de las interpretaciones alternativas en el desarrollo de la ciencia si no se investiga su movimiento, la dialéctica de su lucha e interacción con el paradigma dominante.

En el estudio de la revolución científica no se debe caer tampoco en posiciones anti-dialécticas como la de absolutizar la función destructiva que cumple toda revolución en la ciencia, desconociendo su función constructiva, es decir, la asimilación por parte de la nueva teoría de los elementos positivos contenidos en el conocimiento anterior, de forma transformada, y su integración con el nuevo conocimiento descubierto.

Si se examina la historia de la teoría especial de la relatividad se evidencia cómo, realmente, el término "velocidad" adquirió en la ley relativista de la suma de velocidades un significado diferente del que tenía en las teorías precedentes. Sin embargo, esto no es argumento suficiente como para afirmar que entre las leyes, principios y conceptos de la vieja teoría y la nueva no exista ninguna relación, ningún nexo. De hecho, entre el viejo y el nuevo conocimiento, en el proceso de génesis de la teoría especial de la relatividad, existió en calidad de eslabón intermedio y de punto de contacto un complejo proceso de negación dialéctica mediante el cual tuvo lugar la continuidad y herencia necesaria en el desarrollo del conocimiento científico. Entre la mecánica clásica y la relativista es observable esa continuidad y herencia inherente como regularidad al desarrollo del conocimiento científico.

Referencias

- [1] A. Einstein y L. Infeld *La Evolución en la Física* (Editorial Nauka, Moscú, 1990), p. 287.
- [2] Tomado de la compilación de B.G. Kuznesov (Redactor General): *De la Prehistoria de la Radio* (Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS, 1958), p. 561.
- [3] V. Grigoreev y G. Miakishev, *Las Fuerzas en la Naturaleza* (Editorial Nauka, Moscú, 1983), p. 129-130.
- [4] V. Karsev *Maxwell* (Editorial Maladaia Gvardia Moscú, 1974), p. 120.
- [5] A. Einstein *Física y Realidad* (Editorial Nauka, Moscú, 1965), p. 138.
- [6] F. Hernek *Albert Einstein* (Editorial Mir, Moscú, 1979), p. 39.

- [7] A.A. Tiapkin in: *El Principio de la Relatividad* (Editorial Mir, Moscú, 1973), p. 320-326.
- [8] B.G. Kuznesov *Einstein* (Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1963), p. 75.
- [9] F. Hernek *Pioneros de la Era Atómica. Los Grandes Investigadores desde Maxwell hasta Heisenberg* (Editorial Progreso Moscú, 1966), p. 178.
- [10] A. Einstein *Física y Realidad* (Editorial Nauka, Moscú, 1965), p. 139.
- [11] Tomado de F. Hernek *Pioneros de la Era Atómica. Los Grandes Investigadores desde Maxwell hasta Heisenberg* (Editorial Progreso Moscú, 1966), p. 178.
- [12] B.G. Kuznesov *Einstein* (Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1963), p. 76.
- [13] V.I. Lenin *Materialismo y Empiriocriticismo* (Editorial Progreso, Moscú, 1974), p. 272-273.
- [14] A. Einstein *Compilación de Trabajos Científicos. Tomo I* (Editorial Nauka, Moscú, 1965), p. 146.
- [15] Citado del libro: *Las Ideas Básicas de la Física. Ensayos Sobre Su Desarrollo* (Ediciones Pueblos Unidos S.A., Montevideo, 1962), p. 284.
- [16] A. Einstein *Compilación de Trabajos Científicos. Tomo I* (Editorial Nauka, Moscú, 1965) p. 146.
- [17] A. Woods y T. Grant *Razón y Revolución* (Fundación Federico Engels, Madrid, 2004), p. 119.
- [18] Pierre Lévy, *La Técnica no es un Ídolo. Siete Tesis Sobre Tecnociencia*. En: http://www.iztapalapa.uam.mx/iztapala.www/topodrilo/23/td23_07.html
- [19] T. Kuhn *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Fondo de Cultura Económica, Bogotá, 1992)