

EINSTEIN Y SU RECEPCIÓN EN COLOMBIA*

Regino Martínez-Chavanz^{† ‡}

RESUMEN

Nos proponemos dilucidar determinados aspectos filosóficos, matemáticos y físicos de la teoría de la relatividad, los cuales han podido jugar el papel de factores estimulantes o disuasivos para su recepción y su apropiación en Colombia. Ese tríptico de aspectos se resuelven en seis impedimentos que llamaremos: óbices lógicos y metafísicos, estorbos cosmológicos, tropiezos epistemológicos, barreras geométricas y obstáculos físicos. Estos impedimentos se convirtieron en obstrucciones eficaces que entorpecieron, sobre todo en el primer cuarto del siglo XX, la asimilación y difusión de la teoría de la relatividad en nuestro país. Los modestos trabajos que se publicaron aquí en esa época –los cuales tenían nexos con la problemática relativista– tenían por objetivos defender y perseverar en la física clásica en detrimento de la física moderna relativista.

Palabras clave: Absoluto, relativo, éter, asimetrías, relatividad, lógica, metafísica, cosmología, geometría, mecánica, electrodinámica, deseucledianizar, desnewtonizar, maxwellizar.

RESUMÉ

On se propose d'examiner quelques aspects philosophiques, mathématiques et physiques de la théorie de la relativité, lesquels ont pu jouer le rôle de facteurs stimulants ou dissuasifs vis-à-vis de sa réception et assimilation en Colombie. Ces trois aspects contiennent six empêchements que nous

* **Recibido** Abril de 2006; **aprobado** Abril de 2006.

† Doctor en física teórica de la Universidad de París. Exprofesor jubilado de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Investigador (CNRS et Université Paris 7-Denis Diderot, Paris, France).

‡ **Agradecimientos.** La elaboración del presente trabajo ha sido posible gracias a la colaboración y al financiamiento del equipo de investigación **REHSEIS** (**R**echerches **É**pistémologiques et **H**istoriques sur les **S**ciences **E**xactes et sur les **I**nstitutions **S**cientifiques), adscrito a la Université Paris 7-Denis Diderot, Paris; al **CNRS** (Centre National de la **R**cherche **S**cientifique); y al organismo **ECOS-NORD** (**É**valuation-Orientation de la **C**oopération **S**cientifique, France-Colombie).

Mis agradecimientos también al Departamento de Filosofía de la Universidad del Valle, Cali, por haberme invitado al Simposio Einstein, 2005.

apellerons: embarras logiques et métaphysiques, entraves cosmologiques, achoppements épistémologiques, barrières géométriques et obstacles physiques. Ces empêchements sont devenus des obstructions efficaces qui ont contrecarré, surtout dans le premier quart du XX^e siècle, l'assimilation et la diffusion de la théorie de la relativité dans notre pays. Les modestes travaux qui ont été publiés ici à cette époque –lesquels avaient un lien avec la problématique relativiste– avaient pour objectif de défendre et de persévérer dans les sillons de la physique classique au détriment de la physique moderne relativiste.

Mots clés: absolu, relatif, éther, asymétries, relativité, logique, métaphysique, cosmologie, géométrie, mécanique, électrodynamique, deseuclidianiser, denewtoniser, maxwelliser.

Contenido

- 1 – Introducción
- 2 – Nuestra Élite científica
- 3 – Panorama y problemática de la física
 - 3.1 – La dinámica newtoniana y la electrodinámica
 - 3.2 – Las asimetrías
- 30 4 – En torno a la relatividad especial y general
- 5 – La recepción de la relatividad en Europa
- 6 – La mutación de la geometría
- 7 – Obstáculos contra la relatividad
 - 7.1 – Impedimentos filosóficos
 - 7.1.0 – Neoescolasticismo y positivismo
 - 7.1.1 – Óbices lógicos y metafísicos
 - 7.1.2 – Estorbos cosmológicos
 - 7.1.3 – Tropiezos epistemológicos
 - 7.2 – Barreras geométricas
 - 7.3 – Obstáculos físicos
- 8 – La paulatina difusión de la relatividad en Colombia
- 9 – Conclusiones
- 10 – Bibliografía

1. Introducción

El presente texto retoma y amplía partes de la conferencia «La recepción de la relatividad en Colombia», que pronuncié en el Simposio Internacional sobre Einstein, organizado por el Departamento de Filosofía de la Universidad del Valle, Cali, entre el 28 de noviembre y el 2 de diciembre de 2005, [Martínez-Chavanz, 2005]. Allí pusimos énfasis –a manera de digresión– en la problemática del éter, en las múltiples asimetrías prerrelativistas, en los multiformes enunciados de los principios de base de la teoría de la relatividad

especial (TRE) –el principio de relatividad (PR) y del principio de constancia de la velocidad de la luz (PL)–. Asimismo, insistimos en algunos comentarios sintéticos sobre la TRE y la TRG (teoría de la relatividad general).

Aquí nos ocuparemos esencialmente del análisis, la crítica y la evaluación de los diferentes obstáculos inherentes al proceso de asimilación de la relatividad en Colombia, los cuales serán proyectados sobre los referenciales conformados por las condiciones sociales, políticas y académicas de la época que vivía el país. En pocas palabras, se trata específicamente de identificar y examinar críticamente las diferentes componentes del tríptico conformado por los obstáculos filosóficos, matemáticos y físicos que, como factores activos y determinantes, influenciaron decididamente la dinámica receptiva de la teoría de la relatividad e impidieron una pronta aculturación y una rápida difusión.

En efecto, los elementos obstructivos de nuestro tríptico o trívio básico, están estrechamente relacionados con determinadas prioridades filosóficas que encausaron singulares opciones epistemológicas, las cuales repercutieron en preferencias por ciertas modalidades geométricas y en preclusiones por ciertos modelos físicos. Es decir, todo un conjunto de concepciones, teorías y paradigmas, tanto matemáticos como físicos, fueron tributarios de una filosofía reduccionista que encadenó todo el proceso receptivo de apropiación de la nueva física relativista. Por lo demás, la escogencia de un tipo particular de geometría, puramente euclidiana –dentro de una amplia pluralidad geométrica– y, por demás, no adaptada a los nuevos fenómenos físicos, comprometió la aceptación de un nuevo tipo posible de física no newtoniana y no euclidiana, basada en nuevas simetrías geométricas que desbordaban el marco euclidiano, y en nuevas exigencias físicas que superaban el cuadro empírico-teórico clásico. También añadiremos, que no fue tampoco ajena a aquellas prioridades, opciones, preferencias y preclusiones omnímodas, la omnipresente intuición acrítica, el ejercicio del “sano” sentido común, las representaciones espontáneas e intuitivas de la vieja visión del mundo clásico, y el inmovilismo frente a una historia forzosamente evolutiva. Todo ese conjunto de factores, que hacía parte del espíritu de la época y estaba profundamente enraizado en la mente de la gran mayoría de los físicos, desempeñó un papel negativo en el momento de promover cambios radicales y necesarios en la dirección del pensamiento.

La fase de la historia de la recepción de las ideas de Einstein en nuestro país, que más nos interesa cubre, aproximadamente, el periodo de tiempo que va de 1905 a 1955. Aquí nos interesaremos exclusivamente por el lapso que va de 1900 a 1923, ya que coincide *grosso modo* con las elaboraciones y consolidaciones de las teorías de la relatividad (TRE y TRG). El presente trabajo, sin embargo, se centrará de preferencia en una de las componentes

de la teoría de la relatividad: la teoría de la relatividad especial (TRE); lo que no impide hacer alusiones puntuales fuera de este lapso y tema. No se examinará la otra componente: la teoría de la relatividad general (TRG), sólo la tocaremos de manera tangencial; tampoco trataremos la receptación de los aportes posrelativistas de Einstein: la cosmología relativista, las teorías del campo unificado, las nuevas geometrías y la gravitodinámica (la solución de las ecuaciones de la gravitación, la radiación gravitacional y los agujeros negros). Incidentalmente hay que anotar que el proceso receptivo de la teoría cuántica, teoría aún más radical y abstrusa, sucedió de manera diferente y paulatina.

Nuestro acometido se basará en el estudio metódico de los documentos y testimonios disponibles, dejados por nuestra Élite científica. El estudio de ciertos artículos nos será muy útil como punto de referencia para analizar y justipreciar la inclinación y defensa de la física clásica y su epistemología asociada –sobre todo de la mecánica newtoniana–, y la manera de pensar los nuevos retos de la física tanto experimental como teórica, y su actualización con los problemas de frontera. Los riesgos del presente tipo de trabajo son ciertas taras muy conocidas e insidiosas: las proyecciones anacrónicas, las valoraciones retrospectivas incompletas, las lucubraciones extemporáneas y parciales, las visiones reduccionistas *a posteriori* y los juicios de valor apresurados. Al lector de apreciar, juzgar y mejorar el tema.

2. Nuestra Élite científica

Por Élite aquí entenderemos a un selecto grupo de colombianos estudiosos, profesionales y universitarios que, a falta de comunidad científica institucionalizada y estructurada, organizaba tertulias donde se debatían los problemas de la actualidad tanto científicos como filosóficos, políticos y económicos, y además, publicaba sus ideas, reflexiones y soluciones a problemas científicos o epistemológicos. Esa Élite floreció a principios del pasado siglo en Bogotá, fue liderada por Julio Garavito Armero (1865-1920), [Álvarez Lleras, 1920; Garcés, 1920; Gómez, 1921; Martínez-Chavanz, 1987, 1988], y entre sus notables miembros sobresalió Jorge Álvarez Lleras (1885-1952). Mucho más tarde, el ingeniero Darío Rozo Martínez (1881-1964) formaría parte de la Élite ensanchada. Siempre me referiré de manera genérica a la Élite sin particularizar y sin profundizar cada integrante, que fueron muchos, y su aporte personal. Dejamos estos detalles como temas investigativos abiertos susceptibles de desarrollos futuros, profundos, puntuales y comparativos, [Martínez-Chavanz, 1987, 1988, 2004b, 2006; Martínez-Chavanz y Paty, 2004a].

La Élite –como embrión de institución académica informal y centro de debates contradictorios de naturaleza científica– fue precedida por la

Sociedad de Ingenieros, fundada en 1887. Esta dispuso de la revista *Anales de Ingeniería* como vector difusor eficaz e idóneo de las contribuciones propias de la profesión y de las ideas y problemas prácticos y teóricos referentes a la física y a la matemática, [Sociedad Colombiana de Ingenieros, 1887; Bateman, 1962; Martínez-Chavanz, 1988]. La Universidad Nacional de Bogotá, que existía desde 1867, dedicó su espacio académico principalmente a la formación de profesionales en ciencias aplicadas, eso explica la ausencia de conferencias, seminarios, coloquios y simposios dedicados a la investigación y a la producción en ciencias puras, [Martínez-Chavanz, 1987].

La física –como, por supuesto, la matemática y otras ciencias– debe considerarse como un proceso histórico evolutivo y mutante, valga la redundancia. Primero que todo, recordemos que la evolución y decantación de las ideas, teorías y corrientes físicas (¡y matemáticas y filosóficas!) siempre se originan en un entorno de intuiciones, opiniones y prejuicios científicos y filosóficos –no menos perniciosos que la tetrada de *idola* baconianos– que condicionan las facultades cognoscitivas e intelectivas para la recepción crítica y la correcta asimilación de los cambios pertinentes. Segundo, que la relatividad es un concepto muy antiguo y que las teorías de la relatividad (de Galileo, Poincaré y Einstein) fueron aflorando paulatinamente, y su eclosión era ineluctable si se deseaba que la física fuera una ciencia que gozase de los atributos, valga la tautología, de objetividad, absolutividad, unitariedad y universalidad. Tercero, que, por ende, la acogida de la relatividad no era una simple cuestión de conveniencia interna; ni de escogencia arbitraria o subordinada a simples presupuestos filosóficos externos; ni dependiente de matrices epistemológicas, ni infeudada a taras atávicas de tipo geométrico, mecánico o electromagnético; y, aún menos, a creencias religiosas. Era pues natural que nuestra Élite no pudiese sustraerse a toda esta multifacética problemática y debatiera el sentido de la evolución de acuerdo con sus *a priori*, sus opciones epistémicas y su actualización científica. Más adelante desarrollaremos con detalles estos temas, propósito del presente trabajo.

3. Panorama y problemática de la física

Esta sección es, por una parte, una útil digresión que facilitará nuestro estudio al poner de presente ciertos puntos de referencia históricos y tener una visión sinóptica de la dinámica evolutiva de la física. Por otra parte, es la parcela de la física pre-relativista y de la geometría pre-no-euclidiana que interesó a la Élite y en donde ella tomó posición tanto ideológica como científica. Para más detalles ver [Martínez-Chavanz, 2005]. En esta referencia también se discute ampliamente el contenido de los postulados PR y PL, asimismo que una serie de asimetrías pre y posrelativistas que

probablemente no fueron pasadas por alto por los miembros de la Élite. Todo lo anterior es un ejemplo que invita a la desconfianza, a la prudencia, al cuestionamiento, a interrogativos y a la reevaluación en cuanto a lo aprendido y admitido con ligereza acrítica. La tradición en la física no goza de una perennidad canónica. Por el contrario, hay que someterla periódicamente a un cuestionamiento de acuerdo con los adelantos técnicos del dominio experimental y con los avances en el terreno teórico.

3.1. La dinámica newtoniana y la electrodinámica

Newton elaboró el *corpus* de su dinámica material *more geometrico* – a la usanza de la axiomática deductiva de Euclides (~325 – ~265 antes de Cristo)–, [Newton, 1687]. Pero tuvo que introducir unos absolutos: el espacio, el tiempo, la simultaneidad, la sincronicidad, la masa inercial, el movimiento y su composición (para todos los cuerpos, incluso la luz). Todos esos conceptos eran seguidos del epíteto “absoluto”. No obstante, conservó el principio del movimiento relativo que prima, en la práctica, sobre el movimiento absoluto, y admitió que las leyes mecánicas preservan su forma al cambiar el estado de movimiento uniforme del referencial. Así se inició lo que más tarde se llamaría mecánica clásica, la cual se considera, por antonomasia, como una cronogeometría dinamizada.

En cambio, la electrodinámica fue edificada de manera fenomenológica. Su concepto central es el campo. Su dinámica inmaterial fue formulada por el escocés James Clerk Maxwell (1831-1879), [Maxwell, 1965]. Él conservó los absolutos de Newton y se valió de conceptos matematizados, tales como: flujos, fluidos cargados, corrientes de desplazamiento, éter, campos eléctrico y magnético, etc. Se puede considerar el electromagnetismo, por antonomasia, como una cronogeometría electrodinamizada. En la óptica (y en la electrodinámica) se fincaron las esperanzas de iluminarnos y guiarnos en la búsqueda de los absolutos mecánicos, pero infortunadamente, más bien fue oscuridad y confusión momentánea lo que nos trajo la luz.

La paradigmática mecánica comenzó a dar signos de agotamiento y de parálisis al tratar nuevos fenómenos y altas velocidades, para los cuales no había sido elaborada. Los puntos materiales (esta vez electrizados: los electrones) comenzaron a violar las propias leyes de la mecánica, que paradójicamente Newton había formulado para ellos. Algo estaba funcionando mal, no en la naturaleza misma, sino en la intelección de la realidad, en la representación humana de ella, en la interpretación de los fenómenos y en los conceptos teóricos.

También se abrió paso el concepto insólito de que la masa inercial tuviera un origen puramente electromagnético; fue un intento reduccionista para volver la mecánica dependiente del electromagnetismo triunfante y así

terminar con el mecanicismo de antaño. La teoría de la masa electromagnética, basada en una observación de Poincaré, fue desarrollada por Max Abraham (1875-1922), hacia 1903, quien distinguió dos tipos de masas: la masa longitudinal y la masa transversal. Con esto comenzó a consolidarse la visión electromagnética del mundo que trataba de desechar el reduccionismo puramente mecanicista en beneficio de un reduccionismo electromagnético, [Darrigol, 2000].

Para terminar esta sección, digamos algunas palabras sobre el concepto de éter. Así como el espacio absoluto se inventó para servir de garantía a la ley de la inercia de la mecánica newtoniana, también el éter se imaginó como el transmisor de las ondas de la óptica ondulatoria. Más tarde, se adjudicó al éter el papel de ser el asiento de campo electromagnético, de la transmisión de esa fuerza y de sus variaciones, es decir, servir de vehículo para las ondas luminosas, y en general, electromagnéticas. Finalmente, ese éter optoelectromagnético, además de ser “el sujeto del verbo ondular”, como atinadamente lo llamó un físico inglés, sirvió para definir un marco ideal de referencia en reposo absoluto, en donde sólo eran válidas las ecuaciones de Maxwell; de la misma manera que la ecuación de la fuerza de Newton es válida sólo en los sistemas inerciales. El éter fue el primer motor inmóvil de la luz.

35

El concepto que se tenía del éter –absolutamente inmóvil, sin masa, tenue, con rigidez infinita, etc.– era el de un ser físico de razón, un objeto lógico y un ente ontológico, que actuaba sobre la materia, pero el estado de movimiento de ésta no actúa sobre él. Podemos resumir la esencia del éter con una serie de cualidades mecánicas y ontológicas, muchas de ellas eran la antítesis de las propiedades de la materia ponderable, o tenían que ver con sus relaciones con esta o eran simplemente verosímiles. Estos atributos etéreos reflejan una fuerte asimetría conceptual éter-materia que lo reduce a un ente de peculiaridades antitéticas, antinómicas, antagónicas y dualísticas.

Era de preverse que el éter, con el reposo absoluto, el arrastre parcial y el arrastre total que dejaba entrever a través de diversas experiencias y observaciones, desembocaría en una situación insostenible e iba a proveer la argumentación definitiva sobre su estatus óptico y para su extinción. A nuestro modo de ver, el éter sintetiza, no sólo un ente dilemático, sino una asimetría patentada: Todo lo que no está prohibido es obligatorio pero exclusivamente para la materia, no para el éter. El que el éter inmóvil privilegie al reposo absoluto es una notoria asimetría. En efecto, así como el éter privilegiaba el estado de reposo, la luz favorecía el estado de movimiento. No obstante, esto y los rasgos anteriores no impidieron que el éter fuese un tema de investigación obligada y de aceptación unánime hasta principios del siglo XX, cuando Einstein entrara a catalogarlo de “superfluo”.

3.2. Las asimetrías

Las asimetrías físicas a que nos vamos a referir ahora, no eran propias de los fenómenos físicos, pero sí de las reducciones conceptuales y de las interpretaciones teóricas. Por el contrario, son las simetrías las que son exhibidas por los fenómenos. Re-presentar un fenómeno natural es modelarlo como resultado de una simplificación e idealización de la realidad subyacente. Al final lo que vemos es un modelo representativo. Allí aparecieron las asimetrías que había que evitar a todo precio.

Veamos algunas de las asimetrías teóricas más conspicuas que se acumularon hasta principios del siglo XX.

1) Subsiste una asimetría explicativa en la inducción electromagnética, notada primero por August Föppl (1854-1924), luego retomada por Einstein, y con la cual él inicia su artículo fundador. Es la descripción de la influencia entre un imán y un alambre que se mueven el uno con respecto al otro (dinamo). La disimetría consiste en dos explicaciones diferentes en esencia para un mismo fenómeno, por causa del movimiento relativo.

2) Existe una asimetría que se origina entre las propiedades intrínsecas del éter y las de la materia; entre otras, a esta se aplica la relatividad de sus movimientos, pero esa norma no la respeta el éter. La materia actúa y reacciona sobre la materia. El éter ni actúa ni reacciona contra sus partes, está en un estado de absoluta inmovilidad. En este sentido, la materia no actúa sobre él. La detección del éter, y la posibilidad concomitante de detectar el movimiento absoluto a través del viento de éter en el plano de la eclíptica, era mecánicamente imposible. Pero era posible gracias a la óptica y la electrodinámica.

3) Se detectó una asimetría flagrante y espectacular que provino de la óptica interferométrica, a la cual Einstein no da una importancia capital en su artículo fundacional. El comportamiento del éter se interpreta empíricamente de dos maneras diferentes: En la experiencia paradigmática de Armand Fizeau (1819-1896), el éter es arrastrado parcialmente; y en la experiencia paradójica de Albert Michelson-Morley es arrastrado totalmente.

4) Preséntase otra asimetría entre, por un lado, el espacio y el tiempo matemáticos, verdaderos y absolutos; y por el otro lado, considerados en la práctica como físicos, aparentes y relativos. Además, si la velocidad es relativa, también deben serlo el espacio y el tiempo que la definen. Recíprocamente, si se relativiza al espacio y al tiempo, entonces se debe relativizar la velocidad y su adición que la modifica.

5) Persiste una asimetría dicotómica frente a un principio de relatividad clásico válido estrictamente para la mecánica, y no para el electromagnetismo; o sea, para un caso sólo cuenta el movimiento relativo, en cambio para el otro no. Esta disimetría es consubstancial con esta otra asimetría entre

referenciales: Tratándose del mismo movimiento inercial, las transformaciones de Galileo se aplican a la mecánica y las transformaciones de Lorentz para el electromagnetismo y la óptica.

6) Para finalizar, mencionemos que perduraba otra asimetría: el PR sólo se aplica a los sistemas inerciales y no a los no inerciales. Ese privilegio exorbitante del movimiento uniforme, determinó el que Einstein declarara que la TRE –al año de su creación– era una teoría limitada, restringida, especial e incompleta; que había que hacer una segunda generalización del PR, para extenderlo a todos los estados de movimiento (uniformes y acelerados). La solución la encontró en la TRG.

La crisis de la física consistía en que persistían multiformes problemas: las disimetrías en el espacio y el tiempo, y en la definición misma del éter; unas asimetrías explicativas sin contraparte física (dos interpretaciones diferentes de un mismo resultado, por ejemplo, en el funcionamiento de la dínamo); una disparidad con el principio de relatividad clásica (o de Galileo) y con las transformaciones de Galileo aplicables a la mecánica y no a la electrodinámica; una disimilitud en las transformaciones de Lorentz aplicables a esta y no a aquella; una semejanza en la adición de velocidades aplicable a los cuerpos materiales (en la mecánica) y no a la luz (en la óptica); y finalmente, unas discrepancias dentro de la misma óptica con la presencia de experiencias paradigmáticas y, a la vez, paradójicas (de Fizeau y de Michelson-Morley, y otras).

37

A manera de conclusión, estábamos frente a dos modelos canónicos, asimétricos y antagonicos –mecánica y electrodinámica–, donde esta última (óptica incluida) se imponería definitivamente y llegaría a ser el nuevo modelo apoteósico y hegemónico, por ser paradójicamente relativista de nacimiento, cosa que no era el caso de la mecánica con sus absolutos. Ante estos dos modelos y el desenlace final, era normal que dos escuelas de físicos (y de filósofos) generaran corrientes irreconciliables la una en pro y la otra en contra de la solución aportada por la TRE. Nuestra Élite no fue ajena a esa situación histórica.

4. En torno a la relatividad especial y general

En esta sección esbozaremos las ideas esenciales de las teorías de la relatividad con el fin de tenerlas presente en el momento de identificar los conceptos que fueron objetos de impugnación y que, a la postre, obstaculizaron la aceptación y difusión de dichas teorías en Colombia.

Entre 1895 y 1905 ya se habían acumulado todos los elementos indispensables, tanto conceptuales, como hipotéticos, teóricos y experimentales, para armar una teoría enteramente nueva y coherente que explicara y

unificara todos los fenómenos ópticos y electrodinámicos de los cuerpos móviles; además de resolver las asimetrías fenomenológicas señaladas, y elaborar los nuevos conceptos operacionales. Los interrogantes y problemas (“crisis”) generados por la situación precedente, con los cuales se enfrentó la física prerrelativista, de la segunda mitad decimonónica, exigían una pronta respuesta y solución. Las ideas ya flotaban en el aire, [Poincaré, 1902a, 1904, 1905c], y la futura teoría estaba a la espera de un innovador, [Einstein, 1905a, 1905b].

Digamos sinópticamente que el problema fundamental –uno de los dos que afrontaba acuciosamente la física en crisis, de finales del siglo XIX, y que originó la teoría de la relatividad– era:

- 1) Estatuir sobre un conjunto de disimetrías conceptuales (el marco espacial y temporal de la cinemática eran unos absolutos matemáticos y universales; pero operacionalmente eran unos relativos físicos, y locales. Lo mismo sucedía con la masa inercial).
- 2) Resolver una serie de asimetrías fenomenológicas (de principios, interpretaciones, contrapartes físicas e inconsistencias cinemáticas).
- 3) Dirimir el estatus ontológico, cinemático, empírico y dilemático del éter en su relación dualista con la materia.
- 4) Fallar en el diagnóstico paradójico de resultados experimentales (observación de la aberración astronómica, y experiencias de Fizeau y de Michelson-Morley), verdaderas aporías.
- 5) Elaborar un modelo de electrodinámica de móviles, libre de antinomias e incongruencias, digno de llegar a ser un paradigma de la física: la nueva visión electromagnética del mundo.

Para Poincaré, la solución de la crisis debía contemplar el posible abandono del espacio, el tiempo, la simultaneidad, el intervalo temporal y el movimiento, todos ellos considerados como absolutos. Propone mantener el éter en entredicho y extender el PR como una ley de la naturaleza. La versión de la TRE de Poincaré, [Poincaré, 1905a, 1905b], parte más bien de la electrodinámica de Maxwell-Lorentz, y por eso la llama: dinámica del electrón. Demuestra la estructura de grupo topológico o de Lie que tienen las transformaciones de Lorentz (TL), estas vienen a ser unas genuinas simetrías en el sentido de que un sistema en reposo es la imagen exacta de otro en traslación uniforme, según palabras de Poincaré. Es decir, el reposo y el movimiento uniforme son indiscernibles e intercambiables. Gracias a los cambios anteriores obtiene Poincaré una electrodinámica explícitamente relativista, la cual corrobora enteramente el principio de relatividad (PR). Al final propone una nueva geometría cuadrimensional (espacio y tiempo) pseudo-euclidiana, expresión de una novedosa cinemática. Para ello introduce un tiempo imaginario como cuarta dimensión de un nuevo espacio abstracto,

el espacio-tiempo, y define la forma diferencial cuadrática de coordenadas; es decir, el ds^2 fundamental, generador de esa nueva geometría impropriamente euclidiana. A través de ese artificio se expresa la simetría relativista y la unificación del espacio y del tiempo. Entre las numerosas aplicaciones que hace Poincaré, figura la gravitación y su propagación por ondas, que llamó de gravitación (con la velocidad de la luz). Esta versión de la relatividad de Poincaré es un marco teórico coherente –constructivista o fenomenológico– en lugar de una teoría axiomática propiamente dicha. Se ajusta a la experiencia y es verificable empíricamente.

Para Einstein hay que proceder a la inversa, [Einstein, 1905a, 1905b]. Parte de asimetrías constatadas y prescinde del éter (no lo elimina, sino que no lo necesita en su teoría), y enuncia los principios de base:

- 1) El PR afirma: Sólo existe el movimiento relativo material detectable.
- 2) El PL asevera: Sólo existe un movimiento absoluto luminoso detectable.

Es decir, el movimiento absoluto no existe, pero el único movimiento absoluto que existe es el de la luz. En términos equivalentes, ninguna velocidad es invariante, excepto la de la luz que es absoluta. Es como si la materia se moviera siempre con respecto a la materia, pero la luz siempre se moviera con respecto a nada. No escapó a Einstein esta nueva asimetría (incoherencia o antagonismo) entre el PR y el PL. Él resuelve esta antinomia virtual introduciendo el espacio y el tiempo relativos, antes absolutos y matemáticos, y los considera como magnitudes físicas, intrínsecamente entrelazadas y relativas al estado de movimiento del referencial.

Con estos elementos elabora una cinemática, a la cual quedan subordinadas la dinámica y la electrodinámica y todo tipo de interacción futura. Aunque la intitula “Sobre la electrodinámica de cuerpos móviles”, [Einstein, 1905a], él se libera de esa tara electromagnética y el resultado final es una auténtica cinemática totalitaria. Entre sus numerosas aplicaciones están: la aberración y las transformaciones de la energía y la presión de la radiación electromagnética. Termina formulando una nueva dinámica del electrón, compatible con el principio de relatividad, independiente de su naturaleza estructural, pero con masa inercial variable. Luego completa su trabajo con la inercia que debe poseer toda forma de energía, es decir, la equivalencia entre masa y energía, [Einstein, 1905b]. Einstein, sin exagerar, simetrizó, sintetizó y globalizó. Su teoría se basa en principios (teoría principal).

La versión de Einstein tiene la virtud de no basarse en ninguna dinámica, de ser independiente de todo modelo mecánico, de la estructura de la materia y del mecanismo particular de producción de los fenómenos; además, prescinde de hipótesis causales y sólo conserva aquellas que se relacionan con las condiciones de posibilidad de toda medida física y su interconexión

matemática. Tampoco es puramente empírica ni fenomenológica. En cambio, es axiomática, teórica, cinemática, ajustada a la experiencia y verificable empíricamente.

La teoría de la relatividad especial (TRE), desde un principio, reveló su naturaleza intrínseca y fundamental, que en síntesis, quería decir: absolutividad, invariancia, covariancia, simetría y geometría, [Poincaré, 1905a, 1905b; Einstein, 1905a, 1905b, 1917]. En física existe una correlación estrecha entre relativo y absoluto, esos términos no se oponen antinómicamente, simplemente se complementan dialécticamente: las multiperspectivas son relativas a cada observador, quienes tienen razón compartida, no absoluta. Lo absoluto son los invariantes y las leyes, cuya expresión matemática es covariante, aceptada y compartidas por todos los observadores. Cambiar de situación y de instante de punto de vista es legítimo en la descripción de los fenómenos. Según esto, el relativismo físico no debe confundirse con el relativismo filosófico; ellos se oponen. Éste acepta estudiar las relaciones fenomenológicas, pero por el contrario, rehúsa acceder a lo absoluto, a lo permanente y a lo universal. La relatividad estudia la invariancia, la cual expresa propiedades reales, atributos intrínsecos, de los objetos físicos.

40

La no existencia de instrumento físico alguno para poder detectar el movimiento absoluto es a la física, lo que a la geometría es la imposibilidad, con sólo la regla y el compás como instrumentos, de dibujar el heptágono regular o realizar la cuadratura del círculo (saber trazar una recta de longitud $(\pi)^{1/2}$); o en álgebra la solución general de las ecuaciones más allá de la del quinto grado.

La relatividad resolvió las asimetrías y el problema del éter. El principio de relatividad de Galileo (invariancia mecánica) estaba limitado a la mecánica; Poincaré y Einstein lo extendieron a la teoría electromagnética. Este es el origen de la teoría de la relatividad especial, la cual quedó restringida a tratar el sólo movimiento de traslación rectilíneo y uniforme. Para abolir este privilegio había que generalizar el principio de relatividad a todos los movimientos, es decir a los referenciales arbitrarios (covariancia general); esto originó la TRG, que contiene una nueva teoría de la gravitación, una multitud de modelos de universos y una cosmología moderna.

Einstein, “por una libre escogencia”, obtiene la definición de la sincronización de relojes distantes en un mismo sistema, gracias al PL. En realidad, de un sólo golpe obtiene simultáneamente cuatro definiciones: de la datación, de la duración, de la simultaneidad y de la sincronización, todo para eventos y relojes distantes en reposo en un sistema en reposo. Lo que indica que allí los cuatro resultados son invariantes. En un sólo gesto definitorio obtiene el procedimiento operacional mediante un experimento imaginario (*gedankenexperiment*). Su método es a la vez empirista (dispositivo

luminoso) y racionalista (definición convencional). Luego pasa a sistemas en movimiento relativo para definir en ellos las medidas de espacio y tiempo y su correlación a través de las TL y el PR.

La teoría de la relatividad general (TRG), [Einstein, 1916, 1917] persigue:

1) Abolir el privilegio del movimiento uniforme mediante la extensión del principio de relatividad especial a todos los sistemas de referencia animados de cualquier movimiento.

2) Eliminar definitivamente el concepto de espacio y de movimiento absoluto. En la TRE Einstein privilegia el sentido físico al espacio y al tiempo. En la TRG despoja a las coordenadas de todo sentido físico, de toda significación métrica.

3) Acatar y extrapolar la diferencia no observable entre el comportamiento de un sistema mecánico en un marco de referencia con movimiento uniformemente acelerado y libre de gravitación, y el mismo sistema dentro de un marco inercial pero con un campo de gravitación uniforme. Erigir esta equivalencia física entre un campo de gravitación y un campo inercial (sistema de referencia acelerado) en un nuevo principio, donde gravitación y aceleración son intercambiables, indistinguibles, equivalentes.

4) Declarar como principio la validez, sin excepción, de todos los sistemas de coordenadas para la formulación de las leyes físicas.

5) Generalizar la ley de la inercia, fisicalizar la geometría y, viceversa, geometrizar la física.

6) Constatar que la caída libre anula localmente a la gravitación y así se restituye la TRE localmente. Mostrar que la teoría de Newton es un caso particular de la TRG.

Podemos sintetizar la teoría de Einstein así. La curvatura del espaciotiempo es una nueva propiedad intrínseca y abstracta que tiene una definición rigurosa y cuantitativa. Imaginarla intuitivamente no es de gran ayuda y es pernicioso. En este nuevo marco geométrico la fuerza de la gravitación es simplemente absorbida localmente por el espaciotiempo curvo de Riemann. Los movimientos de los cuerpos se realizan libres de toda fuerza, de gravedad, pero sujetos a la nueva ley einsteiniana; y describen trayectorias inerciales generalizadas (geodésicas). La nueva gravedad es la inercia, generalizada del espacio euclidiano al espacio de Riemann. La curvatura del espacio la impone la distribución de materia-energía. Es decir, esta impone el tipo de espacio de Riemann asociado y de geometría particular, la cual no existe *a priori*. La geometría no es un dogma euclidiano, ni un *a priori* kantiano anterior e independiente a toda experiencia, por el contrario, es concomitante con ella. La geometría variará de punto a punto, estará perturbada por la materia. Tendremos un campo geométrico que se propagará como una onda.

La nueva ecuación del campo gravitatorio de Einstein, o nueva ley de la gravitación, se traduce por diez condiciones de estructura geométrica impuestas al espaciotiempo curvo de Riemann a través del tensor métrico. Estas diez ecuaciones (reducidas a seis) permiten calcular el tensor métrico, que como conjunto de funciones es la incógnita del problema originado por la distribución material dada.

5. La recepción de la relatividad en Europa

Ahora exhibiremos someramente el grado de receptividad, promoción, publicidad y difusión de que gozó la TRE en los primeros siete años de su existencia en Europa, principalmente. El estado de difusión de la teoría nos ayudará a comprender y explicar la tardanza que sufrió su propagación en nuestro país.

A finales del siglo XIX, se llevaron a cabo, principalmente en Alemania, Francia, Inglaterra, Holanda y Estados Unidos, estudios sistemáticos de naturaleza teórica, matemática y experimental referentes a la óptica y al electromagnetismo; de manera que, para 1905, ya la teoría de la relatividad especial estaba en el aire, ya estaba madura. Inmediatamente después de su publicación, Einstein comenzó a ser leído y citado, al menos en Alemania. También correspondieron rápidamente con Einstein, para pedirle copias de su artículo fundacional, para comunicarle comentarios positivos, elogiosos y críticos, y correcciones pertinentes. A finales de ese mismo año, Planck –a la cabeza de los entusiastas que promovieron la relatividad, la perfeccionaron y la extendieron, [Planck, 1958]– organizó el primer coloquio sobre la relatividad en la Universidad de Berlín; asistió su colaborador Laue, quien luego publicó varias contribuciones relativistas y también dio a luz, en 1911, el primer tratado, en alemán, sobre la relatividad especial, [Laue, 1911, 1921, 1961]. Planck, en 1910, comparó Einstein con Copérnico.

En 1907, Minkowski pidió copia a Einstein de su artículo fundacional para realizar un seminario con Hilbert en Göttingen; se piensa que el primer curso sobre TRE lo dio Arnold Sommerfeld en la Universidad de Munich, en el invierno del semestre de 1908-1909. Einstein estableció correspondencia con Planck, Sommerfeld, Minkowski, Röntgen, Lorentz, Laue, Wien y Ehrenfest, [John Stachel, en *CPE 2* [Einstein, 1987-2004a]]. Al año siguiente la editora Teubner propuso a Einstein editar un libro que contuviese sus publicaciones y las de otros sobre la TRE, lo cual se hizo, en 1913, [Einstein, 1913].

Para 1907 ya la TRE de Einstein era generalmente reconocida como un aporte fundamental, sobre todo en Alemania, también en Francia, Inglaterra y Estados Unidos. Ya muchos consideraban la teoría como un sistema autoconsistente, clausurativo, es decir un sistema lógico hipotético-deductivo, [Einstein, 1907b]. De aquí que Johannes Stark (1874-1957) pidiera a Einstein

elaborar una publicación sintética y pedagógica sobre la teoría de 1905. Éste accedió a la petición y le envió un texto, [Einstein, 1907a], donde figuran todos los trabajos previos y los actualizados, esta vez citó las referencias pertinentes, salvo las de Poincaré; numeró las fórmulas y aclaró la importancia que merecía el experimento de Michelson-Morley en la génesis de la relatividad. También escribió muchos artículos de divulgación, [Einstein, 1910].

Lo anterior prueba que en 1907 Einstein era conocido, al menos de la comunidad física alemana, donde se discutió su teoría. No obstante, todavía muchos veían la TRE como “incomprensible”, no había unanimidad.

La TRE se impuso fácilmente a un puñado de físicos, primero a los de la comunidad científica de Alemania e Inglaterra, y luego en el resto de Europa, de los Estados Unidos y de América del Sur. De 1905 a 1921 se publicaron en Europa más de un centenar de artículos, libros y monografías sobre las dos teorías de la relatividad, entre ellos una decena de artículos y libros de difusión en España. Para 1919, la aceptación de la TRE era unánime y se consolidó a partir de ese mismo año con las primeras verificaciones de la TRG. Sobre el grado de receptividad y aprecio, y de la naturaleza abstrusa y polémica de esta última no nos extenderemos aquí, [Galles, 1982; Lafuente, 1982; Sánchez-Ron, 1987; Glick, 1986, 1987a, 1987b; Paty, 1987, 1999; Biezunski, 1991].

43

6. La mutación de la geometría

Aquí mencionaremos brevemente un cambio fundamental que sufrió la geometría, el cual a través de la no euclidianidad impulsó decididamente el advenimiento de nuevas geometrías y, además, de la matemática moderna con dos nuevas disciplinas: la topología y la geometría diferencial. Esto permitió un vuelco total a la física y, en particular, apuntaló a la relatividad.

Felix Klein (1849-1925), al tomar posesión del cargo de profesor en Erlangen (tenía 23 años) pronunció una conferencia inaugural, conocida como Programa de Erlangen, [Klein, 1872]. En ella da la revolucionaria definición de geometría como el estudio de las nociones y propiedades invariantes por un grupo dado de transformaciones. Con esta definición abraza y unifica algebraicamente (estructura de grupo) las diferentes geometrías, tanto la geometría euclidiana, como la geometría proyectiva, la geometría conforme, las geometrías no euclidianas y la topología. Así, los teoremas euclidianos, o no, pasan a ser simples expresiones de la relación entre invariantes de un grupo dado. Con esta síntesis, Klein puso fin a la controversia estéril sobre las diferentes geometrías, acabó con el dogma kantiano de la estructura necesariamente euclidiana del espacio, tanto matemático como físico. Esta nueva visión de la geometría eliminó las querellas epistemológicas sobre lo

verdadero, lo real, lo imaginario, lo artificial y lo útil en las geometrías. Estas quedan englobadas en una sola estructura totalitaria regida por la ley unificadora de los grupos, cuya jerarquía da estructura orgánica y clasificatoria a las geometrías. Los grupos, de instrumentos algebraicos, pasan a ser la esencia de la geometría. Sólo existe, pues, una sola geometría. La geometría pasa a ser el estudio de grupos en detrimento de las «figuras» clásicas. La geometría euclidiana queda, pues, como un caso particular de las geometrías no euclidianas, y las tres son casos particulares de la geometría proyectiva. La euclidianidad dejó de ser una tara congénita del espíritu libre y creador, y la dimensionalidad perdió su inhabilidad hereditaria.

La mutación geométrica repercutió notablemente en la física y convirtió a la geometría en el *organon* de la nueva física. Queda así preparada la vía para una geometrización del discurso relativista. De manera que, de la misma forma que a la geometría le importa fundamentalmente las proposiciones emancipadas de las alteraciones ocasionadas por las transformaciones, a la teoría de la relatividad le interesa esencialmente las propiedades absolutas, esto es, las propiedades que permanecen independientes de las modificaciones aportadas por el movimiento uniforme y variado (cambio de coordenadas).

44

En este sentido kleiniano, la geometría se corresponde formal, conforme, correlativa y profundamente con la relatividad. Lo que hacen las geometrías no deja, por dualidad, indiferente a las relatividades, a las mecánicas, a las físicas; y viceversa. Sólo existe una sola geometría y, correlativamente, sólo existe una sola física. Guardando las debidas restricciones, se trata de dos teorías duales. Infortunadamente, para la Élite estos importantes detalles pasaron inapercibidos.

Esta mutación del pensamiento geométrico reemplazó el estudio de figuras en el espacio por el estudio del espacio mismo, lo que justamente necesitaba la física. Así nace la ciencia del espacio abstracto. Antes el espacio era considerado como un ente primario, receptáculo neutro, amorfo, indefinido y lugar de las figuras. Kant lo consideró como una categoría previa a todo estudio de la naturaleza. De ahora en adelante, ni el espacio, ni los grupos, ni la geometría serán *aprioris* kantianos. Este nuevo rumbo se debió principalmente a Nikolai I. Lobachevski (1793-1856), a János Bolyai (1802-1860), [Bonola, 1906], a Georg F. B. Riemann, (1826-1866), [Riemann, 1854], y a Klein, [Klein, 1872].

El primero en notar un parecido o dualidad entre la relatividad y la geometría fue Poincaré, [Poincaré, 1905a, 1905b]; además, señaló la importancia del grupo topológico de la TRE, que hoy se llama grupo de Poincaré. Luego otros explotaron la posibilidad de derivar la relatividad exclusivamente a partir de grupos, [Ignatowski, 1910; Frank y Rothe, 1911; Lalan, 1936, 1937].

Por diversas razones, la Élite ignoró toda la precedente problemática, y al no prestarle la suficiente atención que merecía esa ruptura, o peor, al presentar obstáculos y objeciones inapropiados, le impidió comprender su repercusión y alcance en la mutación que sufría la física con la relatividad. Cabe preguntarnos: ¿Por qué Garavito, en particular, no aceptó las geometrías euclidianas? Sus escritos anti-no-euclidianos apuntan explícitamente hacia la geometría de Lobachevski, ¿qué elementos de esta geometría no asimiló correctamente y no aceptó? La respuesta a estos interrogantes ayudarán a interpretar las posiciones de Garavito y de la Élite frente a la deseucledianización alternativa; explicar su tradicionalismo y conservatismo clasicista; comprender su falta de perspicacia hacia la naciente matemática moderna y entender su fracasada oportunidad en tomar el último tren de la historia para asimilar la relatividad. La geometría era la vía real para que un matemático entendiese la relatividad. Más adelante trataremos esto.

7. Obstáculos contra la relatividad

Esta parte está dedicada a analizar la trilogía de obstáculos que jugaron un papel preponderante en nuestra aceptación de la relatividad. Fueron múltiples factores en el orden filosófico, matemático y físico los que obstaculizaron la recepción oportuna de las teorías relativistas en Colombia. A estas causales hay que añadir que a la enseñanza y a la investigación, en el seno universitario, le faltaban los medios apropiados –políticos, económicos y académicos– que constituyeron un primer factor material y humano agravante y no menos obstaculizador. De esto último nos ocuparemos un poco, [Martínez-Chavanz, 2004a, 2004b].

En primer lugar, las incipientes universidades colombianas, para finales del siglo XIX, no estaban lo suficientemente organizadas, financiadas, equipadas y adaptadas para la investigación, al menos en el dominio teórico. En segundo lugar, las bibliotecas no contaban con los suficientes libros, manuales, tratados y publicaciones de primera mano y de vanguardia que facilitaran la información; tampoco con un servicio de canje suficientemente desarrollado. En tercer lugar, la institucionalización, profesionalización y enseñanza de la matemática y de la física, en tanto que ciencias autónomas, no existía. La Élite se preocupó por modernizar los programas de enseñanza, introducir el rigor matemático en las definiciones y demostraciones, equilibrar la balanza teoría-praxis y profesionalizar la matemática, [Martínez-Chavanz, 1987, 1988]. Finalmente, como consecuencia de todo lo anterior, en nuestro país no logró configurarse una comunidad científica propiamente dicha. Por eso hemos preferido referirnos a una Élite, conformada por brillantes y selectos ingenieros, estudiosos, autodidactas y excelentes pedagogos en ciencias, pero sin programas o nexos investigativos, excepto tertulias ilustradas

e investigaciones individuales. Una incipiente comunidad comenzó a constituirse medio siglo más tarde, hacia los años sesenta, cuando comenzaron a superarse las anteriores dificultades.

Al no existir una auténtica comunidad científica *stricto sensu*, en la Colombia de fines del siglo XIX, entonces tenemos que hablar apropiadamente de una Élite científica colombiana que disponían de fuentes de información bastante limitadas, como ya vimos. Una parte de dicha Élite –que se autodenominó “El círculo de los nueve puntos”, en homenaje a un teorema homónimo de Euler– tuvo como centro de gravedad la personalidad polivalente de Julio Garavito Armero, [Álvarez Lleras, 1920].

Los obstáculos se enraizaron en la problemática prerrelativista, en la solución innovadora, en los cambios concomitantes y en las consecuencias físicas y epistemológicas. Por ejemplo, el concepto de espacio fue objeto de estudio de la lógica, de la metafísica, de la geometría y de la física (cinemática). Lo mismo aconteció con el tiempo, *mutatis mutandis*. De aquí que todo cambio en estos conceptos repercutiría necesariamente en aquellas disciplinas.

46 La física enfrentaba una verdadera aporía, tanto teórica como empírica, una crisis, una “quiebra” (*faillite*) como decía Poincaré o una “bancarrota” como decían Garavito y Álvarez Lleras, [Poincaré, 1902a, 1904, 1905c, 1913b; Garavito, 1917; Álvarez Lleras, 1925]. La física estaba azotada por vicios lógicos, carcomida por incoherentes concepciones teóricas y abusada por la hermenéutica de los fenómenos. En fin de cuentas, la física, como construcción humana, necesitaba un examen crítico y una revisión.

Después de superada la situación con el advenimiento de la TRE, el propio Einstein manifestó, desde 1906, [Einstein, 1907a], cierta insatisfacción con su TRE, puesto que la encontraba incompleta y limitada. Pensaba que debía ser generalizada para así eliminar el privilegio del movimiento inercial y la constancia de la velocidad de la luz, que sí es válida, pero localmente. Esto creó cierto desconcierto entre sus defensores y reforzó los detractores. Para llevar a cabo ese nuevo programa, Einstein tuvo que adoptar, a partir de 1912, la transcripción cuadrimensional y tensorial de la TRE dada por Minkowski, la cual al principio Einstein no encontraba de su agrado.

La recepción de la relatividad, en la Colombia de principios del siglo XX, estuvo íntimamente ligada con el grado de desarrollo académico y el nivel de aculturación de tres disciplinas: la filosofía, la matemática y la física. Además, dicha recepción fue tributaria de las necesidades o demanda que representaban estas disciplinas en el sector de la educación, de la meditación, de la investigación y desarrollo de la profesionalidad y la técnica. Ahora vamos a exhibir de manera analítica, crítica y constructiva el papel que

estas tres disciplinas jugaron en el mecanismo receptivo de la relatividad en Colombia.

Asimismo veremos cómo tres componentes de la filosofía, a saber: la lógica, la metafísica y la epistemología prepararon el terreno ideológico para la asimilación de los cambios que exigía la nueva física. Luego analizaremos los efectos de los cambios que sufrió la matemática, en nuestro caso presente: la geometría, cambios que no sólo fertilizaron el terreno conceptual y técnico para hacer posible la matematización del nuevo discurso físico relativista, que estaba por llegar al país, sino que, contradictoriamente, comprometieron la correcta interpretación y acogida de la TRE. Finalmente, examinaremos el estado de la física prerrelativista, su propia mutación y su transición final al relativismo. Esta problemática y su solución, como era de esperarse, no echaron raíces en un terreno como el nuestro, previamente esterilizado y vacunado contra los cambios requeridos. Nuestro estudio se apoya en una lectura crítica y analítica de los diversos documentos testimoniales escritos y publicados por diferentes autores de la Élite, [Garavito, 1912a, 1912b, 1913, 1916a, 1916b, 1917, 1920a, 1920b, 1938; Álvarez Lleras, 1915, 1920, 1925, 1926, 1932, 1937, 1938; Álvarez Lleras y Borda Tanco, 1937]; ver también [Martínez-Chavanz, 1986].

Sabemos que en otros países, sobre todo europeos, desde un principio se interpusieron numerosos obstáculos contra la TRE, provenientes de algunos representantes de la comunidad filosófica, matemática y científica, [Glick, 1987a].

7.1. Impedimentos filosóficos

En esta sección trataremos de esbozar el entorno filosófico nuestro donde los nuevos conceptos relativistas y el futuro de la física se aculturarían y evolucionarían; y a la vez ilustraremos las relaciones conflictivas, antagónicas e irreductibles entre aquel entorno y el quehacer físico. Dichas dificultades, en el caso de la TRE, se transformaron en impedimentos para su inteligibilidad. Nos interesa conocer los efectos de una determinada tendencia filosófica en la actitud receptiva de nuestra Élite. En esta sección precedemos la exposición de la trilogía de obstáculos por ciertas consideraciones generales.

La asimilación y la creación del pensamiento físico nunca han sido ajenos o independientes de las escogencias u orientaciones filosóficas de los protagonistas, y aún de sus creencias personales. Recordemos que Descartes escribió en una carta: “Voy a hacer un mundo, mi mundo y mi física”. Cuando estas influencias personales o comunitarias son negativas entonces se transforman en obstáculos. La actitud sectaria y dogmática en la física puede ser endógena o exógena, esta última es facilitada por factores externos contaminantes: filosóficos, ideológicos y religiosos.

Existe un paralelismo de naturaleza evolutiva y de beneficio recíproco entre la filosofía, la geometría y la física. La primera presenta una dinámica reflexiva y polifacética aparentemente propia. La física, en particular, se beneficia de manera ecléctica y crítica de los aportes de aquella; y desde luego, por reciprocidad, la filosofía es influenciada por la física. Existen casos en que la experiencia puede discernir cuándo un sistema filosófico es correcto o erróneo; y esto sucede cuando la filosofía se adentra abusivamente en el terreno propio de la física, y recíprocamente. Es, por consiguiente, falta de modestia, de apertura y de tolerancia referirse de manera militante, dentro del conjunto de la reflexión filosófica, a la supremacía jerárquica de una filosofía particular o de una filosofía primera, como también a la hegemonía de una filosofía perenne o a la canonicidad y divinidad de una filosofía confesional.

La reflexión filosófica –más que a una filosofía en particular, me refiero a las filosofías– jugó un papel importante en la génesis de la relatividad. El propio Einstein lo expresó claramente diciendo que sin los estudios filosóficos que hizo de John Locke, Ernst Mach, John Stuard Mill, Richard Avenarius, Henri Poincaré y, sobre todo, de David Hume, “no hubiera encontrado la solución”, [Pais, 1982; Brian, 1996].

48

En países donde existió un monopolio religioso rígido, como el nuestro, se dispuso de toda una maquinaria para asegurar la enseñanza de materias filosóficas selectivas, sobre todo, editando textos oficiales y obligatorios, todo eso bajo el control de la censura eclesiástica y gracias al manejo del *Nihil obstat* y del *Imprimatur*. De otro lado, a lo anterior se agregó la vigilancia e impedimento de todo tipo de literatura inconveniente para los intereses de la Iglesia; eso se logró a través del *Index librorum prohibitorum*. El complemento impositivo de esa política se ejerció manteniendo los autores –algunos científicos notables– bajo la amenaza de enjuiciamientos y condenas por parte de la Santa Inquisición (Gordano Bruno, 1600; Galileo Galilei, 1616 y 1633; José Celestino Mutis, 1774 y 1800. Ver [Martínez-Chavanz, 1993]). Después del proceso contra Mutis, en Santa Fe de Bogotá, se dijo en guisa de descargo que “la impugnación del sistema copernicano no ha sido mirado con otro fin que el de instruir a la juventud en los rudimentos así teológicos como filosóficos y astrológicos” (sic).

Ese adoctrinamiento despótico no se aplicó aquí de la misma manera y con el mismo rigor que en Europa. En nuestro caso, la filosofía estaba orientada omnímodamente por las corrientes de Jaime Balmes Urpía (1810-1848) y de Santo Tomás (1225-1274) renovado. Por lo mismo, toda otra corriente filosófica era obstaculizada y neutralizada sistemáticamente, y no enseñada (la obligación era de hacerlo de modo neutro e imparcial) sino resumida, caricaturizada, ridiculizada y mediocrementemente criticada; dicho magisterio

perduró hasta la mitad del siglo XX. Así se logró un alto nivel de intolerancia ideológica y el control y manejo de las conciencias. Basta con examinar los textos de filosofía autorizados en los establecimientos de bachillerato oficiales y privados de los años cincuenta, para no ir más atrás. Gracias a profesionales idóneos de la filosofía, el magisterio ha logrado consolidar parcialmente una nueva orientación laica y objetiva.

En nuestro territorio, gracias a la herencia colonial española, [García Camarero, 1970], se instrumentó la enseñanza unilateral de una filosofía exegética y apologética que era un fin en sí mismo y por sí mismo. De otra parte, al dogmatismo crudo se aliaba un autoritarismo académico endoctrinador, [Herrera Restrepo, 1979, 1982; Marquínez Argote, 1988b]. Naturalmente, eso explica por qué en nuestro país se ignoraron deliberadamente las diversas corrientes filosóficas; de aquí que se obstaculizara y menguara el desarrollo y práctica de una auténtica capacidad de pensar libremente, de filosofar legítimamente sin muletillas y de reflexionar lícitamente sin trabas. No se formulaban libremente interrogantes significativos y fundamentales. No se planteaba problemática alguna. Sólo existía un sistema de “verdades” insuperables y exhaustivas, de las cuales la Iglesia era la depositaria única e intérprete autorizada con la ayuda de sus doctores autorizados. Desde mediados del siglo XVII, la física, para citar un ejemplo, lucía completamente infeudada a la filosofía aristotélico-tomista; lo que explica que el *physicorum* se enseñara en Santa Fe de Bogotá como un simple apéndice del *corpus Aristotelicum*, [Aristóteles, 1973; Martínez-Chavanz, 1993].

Aristóteles redactó su lógica y su metafísica como instrumentos (*organon*) para filosofar, para reflexionar correctamente en todos los ámbitos del pensamiento y no para ganar peleas dialécticas, entablar logomaquias sempiternas o apoyar un dogma o una religión en particular. La función superior y primera de la filosofía, que es la de una libre y crítica reflexión, pierde su verdadero estatus y degenera en una simple dialéctica estéril, y en una glosa de los dogmas e interpretación de textos sagrados y en apoyo a los diversos poderes y autoridades. La filosofía aristotélica cristianizada fue usada exclusivamente, por medio de decretos y cánones, para exégesis y apologética de la religión católica. El resultado fue una filosofía militante, acrítica y confesional. La dialéctica fue un simple instrumento para ganarle al contrario y defender la verdad revelada, las creencias y los dogmas religiosos.

En la Europa renacentista ya existían escuelas escolásticas, universidades, academias, colegios e institutos y a pesar de que las religiones estaban firmemente presentes y oficializadas, de que la represión inquisitorial reinaba y de que había persecución ideológica y guerras de religión, el libre

pensamiento se abrió su propio espacio frente a ese totalitarismo, con muchos esfuerzos sin duda.

El monopolio religioso, durante la Colonia, [Herrera Restrepo, 1979, 1982; Jaramillo Uribe, 1982], impuso una filosofía para facilitar y garantizar al carácter dogmático y clerical impositivo un nexo respetable con lo divino y lo revelado. De manera que a la filosofía se le asignó una función militante, para que fuese la “sierva de la teología”. No se enseñaba la filosofía sino que se adoctrinaba. La alianza del poder eclesiástico con el gobierno civil y la presión que ejercía sobre este fue determinante, de manera que, en la época republicana, la alternancia de los partidos políticos era tal que durante la hegemonía del partido conservador (“partido católico”) la situación académica se modificaba, luego cambiaba con la hegemonía del partido liberal y así sucesivamente en un movimiento pendular, [Herrera Restrepo, 1976].

50

No obstante, hubo ciertas tentativas, desde la época de la Colonia, para cambiar la enseñanza que prevalecía, para laicizarla. Recordemos que el reformador de la educación colonial Francisco Antonio Moreno y Escandón (1736-1792) abogaba por una postura ecléctica moderada, que finalmente fracasó, [Martínez-Chavanz, 1993]. “En filosofía, escribía en 1774, debe prevalecer el eclecticismo”. Hay que reconocer que los cambios fueron muy lentos. Por ejemplo, en Colombia la Tierra no giraba todavía hacia 1750. Su movimiento comenzó definitivamente a partir de 1800. La aceptación definitiva del copernicanismo, y la importación del newtonianismo –gracias a la llegada de Mutis– contribuyeron a la eficaz recepción y a la rápida inserción de la física “moderna” en los estudios y controversias universitarios, [Martínez-Chavanz, 1993].

7.1.0. Neoescolasticismo y positivismo

Con esta subsección terminamos nuestras consideraciones generales sobre los impedimentos filosóficos, refiriéndonos ahora a nuestra formación filosófica, la cual prevaleció en los años prerrelativistas. En dicho ambiente se alimentó, creció y se moldeó nuestra Élite. Este entorno influyó de manera durable y marcó en forma indeleble la razón teórica o especulativa en su tarea de aproximar la filosofía y la física, muy distanciadas desde los tiempos de Galileo.

A finales del siglo XIX, se impulsó una política de regeneración y desarrollo del país, apoyada en una ideología de tipo cientificista. Así nació una política positivista, la cual se consideró como una “ciencia experimental”, que debería garantizar una “paz científica”. Esa “paz sobre bases científicas inmovibles” se lograría dentro de un “orden científico”. Esta caricatura de positivismo político, 1878, recibió mucha difusión a través de discursos en el Congreso, conferencias y debates en la Universidad, en artículos

periodísticos, y hasta tesis doctorales impugnadoras. El positivismo importado, distaba mucho del positivismo puro y duro de su fundador Auguste Comte (1798-1857) y de su Religión de la Humanidad, [Salazar Ramos, 1988]. El movimiento regenerador de corte científicista tuvo como autor al futuro presidente Rafael Núñez (1825-1894) y como contradictores a los también futuros presidentes católicos y conservadores Miguel Antonio Caro (1843-1909) y Marco Fidel Suárez (1855-1927).

M. A. Caro, polemista, autoritario y teocrático, luchó por imponer una visión unidireccional, alienada y dogmática de la filosofía como sirvienta de la teología. Es dentro de este contexto donde Caro afirma que la filosofía “debe enseñarse como derivación, en parte, de la teología, en parte como complemento de las ciencias y finalmente como vínculo armonioso de aquella y ésta”. Gran enemigo de la penetración del pensamiento filosófico moderno y encarnizado defensor de la dictadura filosófica del neotomismo. En consecuencia, esto generó una tiranía en el libre pensamiento y ejercicio de la razón, [Caro, 1962].

Durante su administración (1892-1898), el presidente M. A. Caro impuso una enseñanza confesional, autoritaria y hegemónica de corte estrictamente católico. Nombró como ministro de la Instrucción Pública a Monseñor Rafael María Carrasquilla (1857-1930). Este sirvió como vector trasmisor de la campaña neotomista emprendida, en 1879, por la Santa Sede durante el pontificado de León XIII (1810-1903) a través de su encíclica *Aeternis Patris Unigenitum*. La obligatoriedad de la religión católica, como religión de Estado e instrumento ideológico uniformizador y político, se extendió a todos los ámbitos de la educación, hasta la universidad que tuvo que cambiar su estatus de autonomía y lugar de libre pensamiento, laico y secular por el de confesional y sometido a la censura bajo la tutela clerical. La religión católica fue declarada elemento esencial del orden público, [Tovar González, 1988].

Este movimiento de recuperación doctrinal, de uniformización cultural, de crítica de las corrientes modernas y de la preservación de la tradición religiosa, coincidió con la gestación de otro movimiento tendiente hacia un rescate asimilista, liderado por ideólogos hispanizantes, españoles y colombianos, que buscaban revisar, acomodar y reinterpretar la historia y el multiculturalismo para mostrar que todo se lo debíamos a la Madre Patria; negando así la influencia de otros países y corrientes en la formación de nuestra cultura, e incluso en el movimiento de emancipación. Esta especie de ortodoxismo o asimilacionismo hispanista buscaba borrar toda traza de interculturalismo en nuestra historia específica.

Para la difusión, implantación y defensa del neotomismo en Colombia, monseñor Rafael María Carrasquilla, doctor *honoris causa* en teología,

dispuso de los siguientes instrumentos: el púlpito, la cátedra universitaria, el ministerio de educación y la redacción de textos, [Valderrama Andrade, 1986]. Su centro universitario de difusión fue el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, del cual fue rector vitalicio durante ocho lustros. A parte de sus sermones, realizó varias publicaciones, entre ellas un curso de filosofía, altamente escolastizada, para bachillerato. Este curso influyó decididamente en la elaboración de otros textos de filosofía destinados a los planteles oficiales y privados, que perduraron hasta finales del siglo XX. La tutela de la Iglesia, de obligatoriedad constitucional (1886) y concordataria (1887), sobre el estricto control de la organización, contenido curricular y difusión de la filosofía a todos los niveles de la enseñanza, agravó la situación del ejercicio del libre pensamiento. Por ejemplo, era obligatorio, aun en los exámenes universitarios, demostrar que el positivismo, el evolucionismo materialista y el determinismo científico eran categóricamente falsos. Nuestra religión de Estado fue más influyente y opresora, que en otros países europeos católicos. Con sobrada razón, nuestra república se tildó de monarquía constitucional de inspiración teocrática.

52 He aquí algunos ejemplos grotescos de esa época. Caro condenó, en 1887, por supuesto darwinismo y materialismo, un trabajo de etnología del conocido novelista Jorge Isaacs (1837-1895) sobre las tribus del Magdalena. Asimismo se decía que el concepto kantiano del espacio, como juicio *a priori*, era repugnante y subjetivo por ir en contravía del derecho de la propiedad privada. Un eslogan rezaba que “No se puede ser liberal y ser un buen católico”. Otro decía: “Libertad, toda la libertad para la verdad y el bien, pero ninguna libertad para el mal y el error”. Los partidos opuestos fueron tratados de irreligiosos y satanizados. Así nacieron dos Colombias: Una Colombia generadora de una potestad autoritaria, teocrática, fuera de la ley y de la justicia civil; y otra Colombia sumisa que debía obedecer a la ley y sufrir la injusticia. Detrás de la aparente lucha ideológica, con la filosofía de los positivistas criollos y tomistas de por medio, se ocultaba en realidad la pugna por la maquinaria del poder (económico, político, militar y eclesiástico) de la clase emergente y dominante, [Caro, 1962].

Esta atmósfera de “filosofomaquia” decimonónica se trasladó a la universidad. En especial, la filosofía utilitarista y la política positivista influenciaron la polémica académica praxis-teoría que empezó a tomar cuerpo, en 1887. Esta situación orientó la formación y el desarrollo universitario privilegiando así la técnica en detrimento de lo que se decía era un “saber muy teórico”. Un criterio “utilitarista” y “positivista” mayoritario recomendó prestar apoyo más a una formación universitaria en la práctica que en la teoría. Saberes poco prácticos como la teoría de la relatividad, las geometrías no euclidianas y otras partes de las matemáticas han debido resentirse. Un

profesional de la época exhortaba sus hijos a no estudiar “matemáticas trascendentales, ni mecánica analítica, ni astronomía”, que eran para ricos según él; en cambio, aconsejaba estudiar cosas prácticas como la “ingeniería mecánica”. Un ingeniero declaraba que la matemática no era una profesión y “cultivarla como recreación científica, como se cultiva el arte por el arte, es burlar las esperanzas del país, es desviar la orientación de la educación técnica”. La polémica praxis-teoría se extendió hasta 1930 y la Élite propendió por favorecer los estudios teóricos sin menoscabo de las carreras técnicas, [Martínez-Chavanz, 1987, 1988; Obregón T., 1992].

Ciertas tesis doctorales presentadas en el Colegio del Rosario, de 1897 a 1906, defendían el tomismo, otras refutaban el positivismo, que reducían a un epicureísmo influenciado, decían, por el empirismo, el escepticismo, el enciclopedismo de la Ilustración y el relativismo concomitante del kantismo. Es decir, consideraban que las otras filosofías estaban detrás del positivismo, [Vergara, 1897]. Otras tesis pretendían tomizar la axiomática geométrica. Se recurría mucho a la doctrina aristotélico-tomista del hilemorfismo. Se pensaba que la hipótesis del éter era necesaria ya que estaba prevista por Santo Tomás; en general, se afirmaba que los aportes modernos de la ciencia eran testimonios que apoyaban y actualizaban lo ya afirmado por Santo Tomás, en la Edad Media, cuando era rector y profesor de la Sorbona, [Rengifo, 1918a, 1918b; Restrepo Hernández, 1907].

El colmo del totalitarismo filosófico-religioso lo constituía, en pleno siglo XX, leer un libro ya condenado y presente en la lista de libros prohibidos de la Sagrada Congregación del Índice, lo cual era pecado mortal; y para leerlos había que solicitar permiso o licencia a las autoridades eclesiásticas competentes. Los libros que defendieron un Sol inmóvil estuvieron en el Índice hasta mediados del siglo XVIII. En la década del cuarenta y cincuenta, alguien que sólo hablaba en términos simplemente bibliográficos, dice que con muchas dificultades se podía conseguir la *Crítica de la razón pura* de Kant, porque el libro no existía en las bibliotecas colombianas ni en las librerías. Fue a partir de la década de 1940 que se inició en Colombia la recepción y asimilación de la filosofía moderna, [Rengifo, 1918b; Sierra Mejía, 1967, 1982, 1985; Herrera Restrepo, 1976, 1988; Jaramillo Uribe, 1982; Romero, 1982; Varios 1982; Salazar Bondy, 1982; Marquínez Argote, 1988a, 1988c; Gil Olivera, 1993, 1999].

La Élite científica colombiana emprendió algunos esfuerzos por liberarse del guardafuego filosófico. En sus análisis epistemológicos, fue sensible a cierto eclecticismo crítico más ajustado con las exigencias de la matemática y de la física. Hay trazas de kantismo y de positivismo que se reflejan en algunos términos, frases y razonamientos utilizados en ciertos escritos de sus miembros; por lo demás, seguían defendiendo el tradicionalismo en la

geometría y el conservatismo en la mecánica clásica. Se puede colegir que, además del sistema neoescolástico oficial, estaban al corriente de los sistemas kantiano, comtiano y poincariano (convencionalista); en cuanto a este último, sabemos que lo discutieron y asimilaron de la fuente original. Por la información fragmentaria de que disponemos, en cuanto al estatus académico y extra-universitario de la difusión de esos sistemas y de su grado de familiarización, no es posible identificar la existencia de un sistema filosófico específico, sistemático y subsidiario que haya influenciado paralelamente y de manera significativa a nuestra Élite en su quehacer científico y que, además, hubiese coexistido al lado del neoescolasticismo hegemónico, predominante y modelador. Por eso hemos escogido el nombre de eclecticismo para su corriente de pensamiento, entendido en el buen sentido de la palabra que excluye todo sincretismo simplista y caricatural. Este eclecticismo temperado, que no incluyó al relativismo físico, más bien se erigió en obstrucción de este.

54

A la luz de la precedente reflexión, relativa a la interacción entre la postura filosófica y la actitud científica, se puede trazar el recorrido, desde los tiempos coloniales hasta hoy, de la física en nuestro país. Así mismo, se pueden comprender las vicisitudes, dificultades y rechazos con que tropezó, entre nosotros, la intelección de las novedosas geometrías no euclidianas y la comprensión de las físicas aristotélica, newtoniana y no newtonianas. Las trabas, que al principio, fueron barreras fideistas e inquisitoriales, luego se transformaron en impedimentos racionales, vale decir, en obstáculos epistemológicos.

Los impedimentos filosóficos, que a nuestro juicio, jugaron un papel relativamente negativo en la recepción de la relatividad en Colombia, los vamos a etiquetar de obstáculos lógicos, metafísicos, cosmológicos y epistemológicos. Estos serán tratados individualmente en las secciones siguientes. Dentro de las tres primeras categorías situaremos los conceptos físicos de espacio y de tiempo, como categoremas propios de la filosofía. Veremos cómo el estatus filosófico perenne de estos dos predicamentos influyó en la conceptualización que de ellos hizo la física relativista. Dentro del contexto epistemológico enmarcaremos el modo de cómo nuestra Élite concibió la elaboración, evolución, valor y finalidad de las hipótesis y teorías de las ciencias físicas; sobre todo de la mecánica, de la óptica matemática y de la astronomía matemática, las cuales fueron privilegiadas por los miembros de la Élite en los trabajos de aplicaciones a algunos problemas que ellos se plantearon. A pesar de los cambios benéficos aportados a aquellas disciplinas canónicas o normales, la Élite continuó aplicando la versión clásica y no la relativista, cuyas soluciones a esos mismos problemas, que ya se conocían, eran más satisfactorias, exactas y rigurosas.

7.1.1. Óbices lógicos y metafísicos

Ahora expondremos, con más detalles, la manera cómo la lógica, la metafísica y la cosmología neoescolásticas (enseñadas aquí durante mucho tiempo, [Faría, 1953, 1954]) nos presentaban académica y canónicamente el espacio y el tiempo; se inferirán las consecuencias de las relaciones entre una física independiente y una filosofía al servicio exclusivo de una creencia religiosa y de una teología; y finalmente, derivaremos los efectos en el terreno receptivo de la relatividad.

El espacio y el tiempo se estudiaron en nuestro país, como era la usanza, bajo cuatro aspectos: lógico, metafísico y cosmológico, por un lado, y físico por el otro; es decir, con relación a las categorías, a lo especulativo, a lo causal y empírico, y a lo operacional. Inmediatamente nos preguntamos: ¿Existía alguna incompatibilidad si la física también se interesa por ellos? ¿En qué difiere el sentido filosófico y físico dado al tiempo y al espacio? ¿Qué opción o interpretación se debe tomar: el de la escolástica o el de la física? ¿Influyó esto en la aculturación de la relatividad? Trataremos de responder a estos interrogantes y, a la vez, examinar las consecuencias en la discusión filosófica y relativista de la Élite.

Desde los tiempos coloniales se transmitió, de acuerdo a la tradición establecida, la filosofía primera como una ciencia, o ciencia de la ciencia (la filosofía era la ciencia de los principios supremos y de las primeras causas y últimas razones), a la cual seguía jerárquicamente la física en el segundo lugar. En la práctica, la física se consideraba como una verdadera meta-metafísica, en el sentido de que se la consideraba situada jerárquicamente después de la metafísica. Y, por ende, subordinada a esta. Así fue como se enseñó aquí ese esquema hasta mucho después de 1762, fecha de la lección inaugural sobre la mecánica de Newton y su sistema del mundo, dada en Santafé de Bogotá por primera vez, por José Celestino Mutis (1732-1808). Desde 1647 se conservan testimonios escritos sobre los primeros cursos dados en Bogotá de física aristotélica, la cual aparece, como hemos dicho, tal un apéndice de pocas páginas al final del auténtico curso que era de filosofía, entiéndase del *corpus* aristotélico. Ya para principios de 1800, con motivo de su paso por Santa Fe de Bogotá, el barón Wilhelm von Humboldt (1767-1835) aseguró haber visto ricas bibliotecas que contenían libros de física, entre ellos los Principia de Newton, [Martínez-Chavanz, 1993].

La sumisión especulativa de la física a la metafísica duró desde los tiempos de Aristóteles (384-322) hasta pasada la edad media, a pesar de Arquímedes (287-212), Tolomeo (90-168) y Copérnico (1473-1543). Había que invertir ese vínculo jerárquico. En opinión de Kant, la nueva metafísica debía apoyarse en la física, y para ello se inspiró en la mecánica newtoniana. Ese nuevo punto de partida pasó desapercibido en nuestros mentores. Esa profesada

supuesta superioridad, prepotencia y supremacía de la filosofía sobre las demás ciencias, debía inducir un escepticismo sobre el valor de la física con respecto a la filosofía primera y hacer que el significado de los conceptos de espacio, tiempo y substancia tuvieran un privilegio y credibilidad más filosófico que físico. Como veremos más adelante, ese mismo espacio privilegiado, que en geometría euclidiana jugó un papel fundamental, obstaculizó la aceptación de otros espacios genuinos, de otras dimensiones plausibles y de otras geometrías igualmente legítimas.

Un ejemplo, muy conocido de la influencia perniciosa y de la ingerencia indebida de la Iglesia en cuestiones científicas, lo constituyen los casos, entre otros, de Galileo, en 1616 y 1633, y de Mutis, en 1774 y 1801, a quienes les tocó enfrentar la Santa Inquisición por habernos recordado que la Tierra se movía. En Colombia la tierra comenzó a girar a duras penas en 1750. Y no duró mucho tiempo. Después de pararse un largo rato, comenzó de nuevo su bamboleo, y sólo se estabilizó ese giro azaroso después de 1800. Públicamente llegó a decirse en Bogotá, en pleno siglo de la Ilustración, que “Ningún católico debería aceptar la tesis de la Tierra en movimiento y el Sol quieto para explicar fácilmente los fenómenos celestes”; y también que “El sistema copernicano, teniendo en cuenta la revelación de las Sagradas Escrituras, es inaceptable para los católicos”, [Martínez-Chavanz, 1993].

56

En la lógica escolástica, el espacio (coexistencia de cuerpos) y el tiempo (sucesión de hechos) gozan del privilegio de ser dos de los nueve accidentes de la substancia; siendo estos dos últimos conceptos dos principios lógicos o géneros supremos aristotélicos. Dentro de los atributos o afirmaciones que se hacen de las cosas en un juicio, entran necesariamente el lugar (localización espacial) y el instante (sucesión temporal).

A manera de digresión, veamos lo que afirma la lógica, la metafísica y la cosmología sobre el espacio y el tiempo en tanto que seres accidentales acoplados a la substancia, esta en tanto que ser absoluto. Para la terminología, definiciones y análisis, en esta sección y en la siguiente, acudiremos al texto – modelo representativo de los manuales utilizados en la enseñanza de la escolástica en nuestro país– del Reverendo Padre J. Rafael Faría (debidamente autorizado por Imprimatur de 1947), cuarta edición de 1953, [Faría, 1953].

La lógica escolástica trata, en particular, de las categorías, o supremas divisiones del ser. El interés por ese tema se debe a que las ideas universales (clases unificadas) se pueden considerar como atributos o predicados universales asignables a los diversos sujetos, y a la vez aquellos se pueden clasificar en diez géneros. Estos atributos o predicados genéricos son las categorías o predicamentos: la substancia –todo ser que existe en sí– y sus nueve accidentes –todo lo que no puede existir en sí, sino en otro ser–; estos permiten un orden clasificatorio universal en la lógica, pero también son

objetos de la metafísica y de la cosmología. Entre los diferentes accidentes, o modos de ser modificada la substancia, de manera propia y excluyente, figuran la cantidad, el espacio y el tiempo.

En la metafísica escolástica también se estudian las categorías de substancia y accidente. Como parte más íntima y esencia, la substancia es ser que existe en sí mismo, pero no por sí mismo. Accesoriamente, la substancia es soporte de los accidentes. Esta substancia ontológica subordina a la substancia corporal y a la substancia material, siendo ésta última más perfecta que la precedente. Los escolásticos suelen dar como ejemplo el hecho de que la teología afirme que Dios es substancia sin accidente, es perfecto. Por el contrario, lo creado sí es substancia con accidentes, es imperfecto. Los nueve accidentes son seres imperfectos que existen en otro ser, por ejemplo el peso, el color. Se afirma que el accidente, mejor dicho, la perfección accidental, se junta a un ser ya completo en sus elementos constitutivos esenciales que son la materia y la forma substancial (hilemorfismo). Existen accidentes absolutos que son una perfección real y tienen entidad propia, lo contrario de los accidentes relativos.

La metafísica escolástica concluye que si el ser de substancia desaparece como sujeto, entonces, el ser del accidente desaparece como atributo. Entonces, el accidente es relativo y de grado inferior a la substancia, por consiguiente, el espacio y el tiempo, en tanto que accidentes metafísicos, son relativos y subordinados a la substancia; y como modos supremos de la existencia del ser, si la substancia material y corporal desaparecen, entonces, el espacio y el tiempo, como accidentes que consisten en la medida de la extensión coexistente y la duración sucesiva, desaparecerían todos juntos. Esto es realmente lo que afirma la teoría general de la relatividad (desde luego, con su terminología propia) y es también la opinión de San Agustín (354-430): “el mundo no fue creado en el tiempo, sino con el tiempo” (La ciudad de Dios).

La física relativista va más lejos y extiende o generaliza la subordinación anterior al movimiento. En efecto, existe una subordinación de ciertos accidentes (forzosamente relativos) al movimiento, y este puede modificar propiedades reales y tenidas por objetivas como, por ejemplo, el color (que es modificado por efecto Doppler o por efecto Einstein) y el peso (dependiente de la gravedad) que se dan como ejemplos de accidentes metafísicos. Asimismo, son modificables por el movimiento o subordinados al movimiento: la masa inercial (variable con la velocidad) y las medidas de espacio, de tiempo, de la sincronía, de la simultaneidad, de temperatura y de calor, etc. Se pueden dar otros ejemplos físicos.

Dentro del contexto precedente, el espacio y el tiempo, como predicamentos, estorban la descripción que hace la física de los fenómenos,

ya que unas veces aquellos se consideran como *relativos* (accidentes, predicables, algunos modifican al relacionar) y otras como *absolutos* (tienen entidad propia, dan a la substancia el modo de existir, agregan una perfección real, bien que accidental). En la sección dedicada a la cosmología veremos con más detalles esta dicotomía absoluto-relativo aplicada a un mismo objeto. Esta anfibología impide captar con claridad el sentido físico, definitorio y operacional del espacio y del tiempo, conceptos claves en la TRE y en la TRG, y de otros conceptos, como lo muestran los últimos ejemplos que destacamos. La física simplifica la situación. La neo-escolástica la complica inútilmente, la vuelve estéril y la reduce a una simple discusión académica, a un juego de palabras. De una definición nominal del filósofo, se debe pasar a una definición operacional del físico. A éste le interesa, sobre todo, la medida, la cual no es de la competencia del filósofo. Esta dicotomía irreductible da licencias para pretender criticar de manera ligera y simplista a la TRE y autoriza a una duda precautelativa que, más que aclarar y estatuir, permite valorar aproximada y caricaturalmente a la TRE, como realmente sucedió y lo veremos más adelante. Es como si el químico dijese que para la química, ciencia primera y suprema, el átomo es indivisible e indestructible (hipótesis); y el físico dijese que para la modesta física el átomo es divisible y transmutable (tesis). Los dos tienen razón y se complementan si la pretensión de ciencia suprema o subordinada se elimina y se considera, a la vez, el rango de energía considerado en los procesos químicos y físicos, y la intervención de pocos electrones de valencia interactuantes. Entonces la química y la física convergen y se complementan.

No había que atenerse al espacio y al tiempo como categorías o predicamentos, o considerarlos como simples ideas universales, atributos o predicados propios de la lógica y destinados a una clasificación genérica nada más. Había que trascender ese nivel y pasar a su metrización; es decir, definirlos físicamente y no contentarnos con una definición matemática o filosófica, aun al precio de un cambio radical que contraviniese aparentemente al sentido común, pero sin contradecir la experiencia. Este óbice lógico limita el papel del espacio y del tiempo, que de conceptos cualitativos deben pasar a ser cuantitativos, métricos, para poder jugar un papel en el discurso físico en vías de matematización y con poder predictivo. El sentido lógico privilegiado de esos conceptos es estéril, desde el punto de vista físico, y sirve, más bien, para tener un criterio que sirva de substrato a las críticas, que más tarde se levantarían contra la relatividad, donde el sentido común ayuda a la lógica y a interponer aparentes paradojas. Es aquí donde el óbice lógico se siente apuntalado. Eso lo veremos al final con un ejemplo que ilustra la supuesta crítica objetiva y la exhibición de puntos, presuntamente aceptables o rechazables, establecidos con ligereza por la neoescolástica

contra la relatividad. Siempre no debemos olvidar en todo esto que en nuestro país, desde el principio, la filosofía estaba exclusivamente al servicio de creencias religiosas y no de las ciencias físicas o de la formación humanística o reflexiva.

Cuando se dice que un accidente (verbigracia, el espacio y el tiempo) no puede existir en sí, sino en otro ser, entonces tanto el espacio y el tiempo son relativos o contingentes, no son absolutos. En ese caso, la lógica escolástica es, entonces, paradójicamente relativista debido a la manera de tratar las dos categorías modales que son el espacio y el tiempo. Los accidentes contingentes se refieren necesariamente a la substancia. Esto era lo que reafirmaba Leibniz al considerar el espacio como un modo relacional.

Concluimos, pues, que la lógica estudia la substancia, el lugar (espacio) y el tiempo como simples accidentes, por eso se consideran como accidentes lógicos. En el orden lógico se necesita de estas categorías para el proceso mental del sujeto. La metafísica estudia el espacio y el tiempo como accidentes, sujetos de la substancia, por eso se consideran como accidentes metafísicos. También estudia la cantidad como un accidente por el cual la substancia corporal tiene partes fuera de partes y ocupa determinada extensión. En el orden metafísico (ontológico) se usan las categorías como condiciones de la existencia real de los seres. Son nociones o entes reales de razón y no de necesidad absoluta. En la cosmología escolástica se estudia la substancia material, en tanto que causa material (la materia es principio substancial de los cuerpos, de la forma y de su primer accidente, que es la cantidad), el espacio y el tiempo como accidentes afines de la cantidad. Como la esencia de la cantidad es hacer cuanta a la substancia y como aquella puede ser permanente o sucesiva, entonces su medida propia se puede extender al espacio (partes coexistentes, simultáneas) y al tiempo (partes fluentes, ininterrumpidas). Estos dos accidentes son análogos a la cantidad como accidente, pero no son iguales a ella. En el orden físico son objetos reales de medida, sometidos a definiciones operacionales verificables.

Resumiendo, transcribimos que para la filosofía cristiana los predicamentos o categorías: a) Son de orden lógico o del pensamiento cuando denotan los géneros supremos de atributos que convienen y son comunes a los seres de razón; por consiguiente, sólo existen en la mente y no en la realidad en cuanto predicados del ser. Este es removible, separable, no necesario. Responden reflexivamente a ¿Qué conviene al sujeto?. b) Son de orden metafísico o real cuando indican los diferentes modos supremos de existir los seres reales; por consiguiente, existen en la realidad y no en la mente. Son necesarios, inseparables y los singularizan. Responden directamente a ¿Cómo existe el ser? “El accidente de que trata la metafísica es el accidente predicamental, que se opone a la substancia; y no el

accidente predicable, que se opone al propio [lógica]. El primero modifica a la substancia concreta, real, primera; el segundo a la substancia abstracta, universal, segunda.”, [Faría, 1954a, p. 292].

De aquí que los predicamentos o categorías del ser sean estudiados por la lógica (predicables) y principalmente por la metafísica. El accidente lógico (predicable) se opone al propio, es removible, no necesario; el accidente metafísico (categoría) se opone a la substancia. Por eso los accidentes de espacio y de tiempo son, por ejemplo, estudiados por la lógica y la metafísica neoescolástica o kantiana, etc.

Esta manera dogmática de presentar el espacio y el tiempo, hasta más allá de la segunda mitad del siglo XX, chocaba con la física, sobre todo, que se trataba de una presentación apologética y exegética marcadamente militante y excluyente en favor de una sólo “verdad”. En la historia y en la filosofía ha sucedido, a veces, que la “verdad” sea selectiva, que se manipule, se revise y se desvirtúe en favor de dogmas y creencias particulares. Este tratamiento dado al espacio y al tiempo por la lógica aristotélica cristianizada (tomismo) crea un estado de confusión y de desorientación en una persona que tiene que dirimir entre la lógica y la física, la primera enseñada hacia la teología y la segunda derivada de los fenómenos. ¿Quién, entre la lógica, la metafísica y la cosmología, dice la verdad y no contradice la exactitud de la física?

De este modo, se creaba un desconcierto, una duda y una desconfianza hacia una especie de parafísica en situación de inferioridad jerárquica. Los diferentes textos de filosofía, al menos hasta 1955, dan fe de esta situación ambivalente y anfibológica entre la lógica y la física. En cambio, textos de enseñanza franceses de 1900, por ejemplo, [Boirac, 1905], son más circunspectos en el tema e incitan a una libre especulación, mencionan todos los sistemas filosóficos y citan numerosos autores (entre ellos Kant), sin incurrir en deformaciones o descréditos con el fin de enseñar algo de ante mano voluntariamente desnaturalizado.

La lógica del mundo físico clásico reposa a menudo sobre la evidencia, la intuición, la espontaneidad, la representación sensible y el sentido común. Estas normas engañosas, con apariencias de criterios, se convierten en lastres en la física moderna. De hecho, la teoría de la relatividad entraña una nueva lógica, paradójica en apariencia (con respecto al atavismo), al tratar con conceptos cuyas consecuencias son contrarias a la intuición clásica y manifiestamente opuestas al sentido común y corriente. La extraña lógica del mundo relativista (de altas velocidades y fuertes campos gravitacionales) se refleja como ilógica en lo que se ha llamado abusivamente las paradojas de la relatividad. No son, sin duda alguna, legítimas paradojas (relativistas) en cuanto que no contradicen las leyes de la física, aunque sí contravienen a

las leyes del sentido “común” arcaico, que no es ni criterio ni referencial científico. Son paradojas en cuanto son sorprendentes, asombrosas e insólitas pero no son en absoluto absurdas, descabelladas o desatinadas; un cuidadoso análisis lo prueba. Al fin de cuentas, una proposición física (o lógica) es aquella cuyos casos especiales bien son tautológicos –entonces la proposición es verdadera– o bien autocontradictorios y entonces es falsa. Hay que destacar que la lógica del mundo cuántico (microscópico) es aún más ilógica; y como especie de seudoparalogismo es francamente chocante, desconcertante, iconoclasta y radicalmente va más lejos que la relatividad (un “corpúsculo” o cuantón puede pasar simultáneamente por dos orificios diferentes, no tener ubicuidad definida, atravesar barreras infranqueables por efecto túnel, estar entrelazado con otro muy distante, etc.). En la topología, base matemática rigurosa de la teoría de la relatividad y de la teoría cuántica, un conjunto (verbigracia, la puerta de un salón) puede ser abierto y cerrado a la vez...

Hoy en día la lógica relativista y cuántica son “evidencias” aceptadas por nuestra generación. Somos iconómacos cuánticos inconscientes. Max Planck (1858-1947) señaló acertadamente en su autobiografía que “una nueva verdad científica no triunfa porque ella convenza a sus adversarios y les aporte claridad, sino más bien porque sus adversarios mueren y una nueva generación crece, y para ella las nuevas ideas devienen familiares”. Niels Bohr (1885-1962) decía de la teoría cuántica que “entre más la comprendo menos la entiendo”, y “el que no ha sido chocado por la mecánica cuántica es porque no la ha comprendido”. Richard P. Feynman (1918-1988), reinventor de la teoría cuántica, expresó que “con seguridad puedo decir que nadie la comprende”. En buena medida estas reflexiones se pueden aplicar, *mutatis mutandis*, a la teoría de la relatividad. Con esto queremos concluir diciendo, una vez más, que se trata de teorías que tienen su propia lógica, que son arduas, que son exactas y no dejan de ser asombrosas. A la Élite le tocó lidiar con esta nueva forma de razonar y es normal que haya encontrado dificultades habida cuenta del entorno filosófico donde se formó y evolucionó.

Completemos ahora el orden metafísico atribuido al espacio y al tiempo y la relación con su orden físico. Se esperaba que no fuesen dos aspectos subordinados sino armoniosos y equilibrados, cosa que, no obstante, no sucedió efectivamente; y, por ende, este hiato se convirtió en un óbice, siempre en detrimento de la comprensión y receptación de la relatividad. Aquí nos referimos siempre a la metafísica que se enseñó en Colombia hasta mediados del pasado siglo, [Faría, 1953].

Por un lado, el accidente metafísico, por no existir en sí sino en otro ser, se opone a la substancia *per se*. El accidente lógico como removible o

contingente se opone a lo propio, a lo necesario o intrínseco, a lo irremovible. De hecho, el espacio y el tiempo, son dos accidentes metafísicos por cuanto son cualidades que no existen por sí sino que necesitan de la substancia: Entonces tanto el espacio y el tiempo metafísicos son relativos a los cuerpo, como decía Leibniz y Mach.

Por el otro lado, el espacio geométrico al ser considerado como un ente único, con existencia propia, absoluto en todas sus modalidades, independiente de todo contenido físico y previo a toda experiencia, entonces, se podía vaciar su contenido y quedar el continente neutro disponible. Las figuras existían en él y por él. Así, esta categoría aparece como una mezcla del espacio, como lo concibieron Newton y Kant. De esto la Élite colegía que así como existe un sólo espacio, entonces debía subsistir una sólo construcción geométrica posible, que heredaría los atributos del espacio que le servía de substrato. Este razonamiento legitimaba la unicidad y absolutividad de una sólo geometría privilegiando así a la euclidiana. Esto fue suficiente para brindar una recepción negativa a las posibles y múltiples geometrías tan legítimas y normales como la euclidiana, y con plausible aplicaciones a la física, como efectivamente sucedió. Esto lo desarrollaremos más adelante.

62

Todos los movimientos uniformes, sin excepción, son absolutamente relativos, salvo, el movimiento relativo de la luz, que en realidad es absoluto (PR y PL); vale decir, que el no reposo de los cuerpos es relativo y el no reposo de la luz es absoluto. A este retruécano se puede resumir “principalmente” la TRE. Pero para evitar la antinomia latente en estos enunciados hay que proceder a expurgar las nociones metafísicas de espacio y tiempos absolutos y reemplazarlos por espacio y tiempo relativos, físicos, que son aparentes aporías pero en el orden ontológico y no en el orden operacional. El espacio se medirá en un instante de tiempo, y el tiempo se medirá en un punto del espacio. El espacio y el tiempo existen y se miden cuando haya algo que lo recorra y lo transcurra. El espacio es el espacio recorrido por algo. El tiempo es el tiempo transcurrido por algo, valgan estas dos peticiones de principio. Sin cuerpos no existe ni espacio ni tiempo físicos. Antes de Einstein se definía siempre una velocidad relativa, pero con un substrato de espacio y tiempo, absolutos en la forma, pero no en la práctica. A la luz de la física relativista, del espacio y del tiempo relativos se infiere apodóticamente la existencia de la velocidad relativa.

El óbice metafísico estorba cuando se trata de aprehender las intenciones teóricas de la relatividad; impide otorgar un valor de convicción a la relatividad y favorece una actitud de duda, sobre algo, que siendo puramente físico, se piensa no obstante, que filosóficamente adolece de fallas y termina en consecuencias inaceptables y repugnantes por ser aparentemente incompatibles o paradójicas. De allí la repugnancia metafísica y ontológica

frente a las inferencias relativistas: la contracción de las medidas espaciales, la dilatación de la medida de los intervalos temporales, la no conservación de la masa corpórea, la variabilidad de la masa inercial con el movimiento, la intercambiabilidad de la masa y la energía, y, más aún, la unión íntima entre el espacio y el tiempo para formar un marco tetradimensional con una plasticidad de molusco topológico. En cambio, sí se acepta la manera de hablar, la cual afirma que el modo de modificar cada accidente a la substancia es propio de él; es decir, los accidentes son activos y la materia pasiva, luego se puede admitir que las medidas de espacio y tiempo no sean absolutas y cambien con el referencial. Según este razonamiento metafísico, se llega a un concepto importante desde el punto de vista pragmático del que no se habla en lógica.

Modernamente las cosas se ven de otra manera. Como la clasificación o división del ser es determinada por la categoría, esta debe ser exclusiva (exclusión mutua). Por ejemplo, clásicamente los cuerpos no deben solaparse o interpenetrarse. Ahora bien, esto es rotundamente desmentido por la teoría cuántica y la experiencia, los bosones son un buen contraejemplo. Otra característica de la categoría es el de ser universal, aplicable a todo. Ahora bien, los cuantones no obedecen a esta norma en cuanto a la localización (discretabilidad, continuidad, indiscernibilidad, separabilidad, ubicuidad, etc.).

63

7.1.2. Estorbos cosmológicos

En esta sección expondremos las argumentaciones cosmológicas que se adujeron para articular las críticas antirrelativistas. Estas últimas contienen, entre otras cosas, los aspectos que “repugnan” conceptualmente en la TRE y, a partir de los cuales se pretendió mostrar que la TRE contiene fallas intuitivas, aserciones en contra del sentido común y, por consiguiente, aseveraciones asertóricas inaceptables. En primer lugar, probaremos que la pretendida refutación de la TRE, desde el punto de vista cosmológico profesado por la escolástica, exhibe una incoherencia teórica. En segundo lugar, demostraremos la presencia de una incompatibilidad empírica consistente en que los puntos tildados de “**erróneos**” en la TRE son desmentidos en la realidad; y que esas afirmaciones antirrelativistas van, más bien, en contra de las numerosas verificaciones experimentales a que dicha teoría se ha sometido con éxito. En tercer lugar, mostraremos que las impugnaciones lógicas se basan en recurrentes apelaciones a la evidencia ingenua, a la intuición incontrolada, a la espontaneidad fáctica, a la representación sensible candorosa y al falaz sentido común. Es bien conocido que estos criterios no hacen parte forzosa del arsenal de la física o de la matemática modernas; antes bien, forman parte de la antigua tétrada de prejuicios de Bacon: los *idola specus*, los *idola tribus*, los *idola fori* y los

idola theatri. Cuando aquellos criterios se usan en un razonamiento, entonces, lo oscurecen y cuando no se usan, en tal caso, lo aclaran. Es preferible abstenerse de usarlos, máxime en el caso de la mecánica cuántica, la cual es una teoría por excelencia iconoclasta. Para terminar, estimamos que las recusaciones se apoyaban en argumentaciones que los clásicos argüían en otras circunstancias escabrosas.

La cosmología filosófica –considerada como una parte de la metafísica especial– también estudia, entre otros temas, la materia y los accidentes de cantidad, lugar y tiempo. Por otra parte, en la cosmología neoescolástica el espacio y el tiempo existen independientes de la materia, no los afecta el movimiento ni la gravedad, no son relativos, son absolutos en este sentido. Ahora bien, si el accidente metafísico necesita de un soporte, que es la substancia, entonces el espacio y el tiempo, como predicables, son relativos y por ende no se opondrían, en tanto que categorías ontológicas, a ser considerados asimismo como conceptos físicos, reales, locales y medibles. Entonces, nos preguntamos: ¿Cuál es la problemática? ¿Dónde está la contradicción obstaculizadora entre la cosmología escolástica y la cosmología relativista? ¿El óbice contra la relatividad es virtual?

64

El problema se presenta cuando el espacio y el tiempo son interpretados por la cosmología escolástica (esta no debe entenderse aquí como la física del cosmos como un todo, sino en el sentido filosófico que se le atribuye en la enseñanza: la cosmología, afirman, es la parte de la filosofía –específicamente de la metafísica– que estudia el mundo material en sus causas y razones últimas). Veremos, pues, que es en esta parte de la filosofía donde se presentan las dificultades que, puestas al lado de la lógica y la metafísica, inducen la confusión y el desconcierto cuando se pisa el terreno de la física con vocación relativista.

Para ser concretos, en esta nueva barrera antirrelativista, vamos a examinar, a modo de ejemplo, la manera como son presentados los aspectos cosmológicos del espacio y del tiempo, los cuales se encuentran consignados en textos no muy viejos. Tomaremos un texto de enseñanza del Reverendo Padre J. Rafael Faría (debidamente autorizado por Imprimatur de 1949) donde aborda la cosmología; se trata de la tercera edición de 1954, [Faría, 1954]. Lo escogimos porque consideramos que representa la síntesis y *súmmum* de nuestra larga tradición escolástica. De entre todos los textos que he tenido la posibilidad de conocer, es el único que trata algo de la TRE (no menciona la TRG) y critica específicamente los fundamentos de dicha teoría. Todas las citas que tienen negritas e itálicas son del texto de Faría.

Es menester hacer un recordatorio como referencia y plan de proyección para facilitar las comparaciones y la crítica. La parte del citado texto que nos interesa, comienza con las nociones generales sobre el espacio y el

tiempo: la idea vulgar que se tiene de ellos, sus orígenes y su realidad; pasa a definir la extensión, y la duración. Considera las analogías y diferencias entre el espacio y el tiempo, y los modos de considerarlos. Trata las teorías de ellos y las critica clasificándolas en tres categorías: subjetivas (Leibniz, Kant), objetivas exageradas (Newton, Clarke, Gassendi) y objetivas moderadas o tradicionales (Aristóteles, escolásticos, “gran mayoría”). Por supuesto, esta última teoría, la cual expone con detalles, es tratada de “verdadera, porque es un *término medio*” y es real. No menciona la cuarta categoría: la teoría física relativista del espacio y del tiempo (Lorentz, Poincaré, Einstein); esta categoría la reserva para la crítica, que aquí analizaremos.

Da a entender que hay varias especies de espacios y de tiempos según el punto de vista desde donde se les considere y la disciplina que los estudie. Considera el espacio y el tiempo de dos maneras diferentes, que considera reales, y una tercera que considera imaginaria:

1) Como medidas intrínsecas dentro del mismo ser real.

2) Como la medida de distancia y duración del conjunto de todos los seres y eventos reales, ya simultáneas, ya sucesivas. Así resulta que el espacio es el conjunto de todos los cuerpos distanciados del universo. El tiempo es el conjunto de todos los momentos de la evolución de todos los cuerpos del universo.

3) Como inmensos receptáculos imaginarios que subsistirían aun cuando todos los cuerpos hubiesen desaparecido.

Este tercer punto amerita una aclaración. Forzosamente, este último caso imaginario de experiencia pensada (*gedanken experimente*), de ser posible teóricamente, conduciría a un espacio pre-existente absoluto. Este último, por ser inadmisiblemente físicamente (violaría al PR y la TRG) implica que no se puede concebir esta experiencia imaginada, es irrealizable, aun mentalmente, por ser incompatible teóricamente con los principios de la física. Por eso, no se puede concebir el espacio y el tiempo en este modo existencial imaginario. Por esta razón se considera, en particular, que el big bang no fue una explosión receptada dentro de un espacio pre-existente, independiente y absoluto. Más bien se interpreta como un estiramiento del espacio, la creación continua del espacio y del tiempo, la expansión del universo. Por ello, antes del big bang no había nada: ni espacio, ni tiempo, ni materia.

Por el contrario, los dos casos reales anteriores (1) y (2) conducen a un espacio y tiempo relativos (medidas relacionales) perfectamente viables y correctos. En opinión de Faría, el espacio no es substancia, ni accidente absoluto, es un accidente relativo, una relación de medida. “El espacio – afirma – es la medida de la distancia extensiva entre las partes de un cuerpo, o entre varios cuerpos en su triple dimensión”. En cuanto al tiempo, considera

que no es una substancia, ni un accidente absoluto, es un accidente relativo, es una relación de medida. “El tiempo es la medida de la distancia sucesiva entre los varios momentos de un ser, o entre varios seres o acontecimientos” (sic). Las anteriores definiciones son admitidas por Faría, la del tiempo la relaciona con la de Aristóteles: “Tiempo es el número del movimiento según un antes y un después”.

Dentro de este contexto, el espacio, considerado como extensión y distancia, origina: a) El lugar externo de un cuerpo (su contorno circundante, su primera superficie rodeante) y su ubicación o localización. En este sentido, estos son accidentes reales, concretos y plenamente relativos. b) El lugar interno (límite extenso de su extrema superficie o contorno que rodea a un *cuerpo en sí*) por ser real y concreto es absoluto e invariable, [Faría, 1954, p. 80].

Esta aseveración cosmológica es una complicación inútil, desorientadora e incorrecta físicamente, porque viola la contracción de Lorentz-Fitzgerald (CL-F). En cambio, afirma correctamente que el universo sí tiene lugar interno, pero no tiene lugar externo ni localización “por no tener cuerpo exterior que lo circunde, ni puntos inmóviles de referencia”.

66

Cuando trata la realidad del espacio y del tiempo, Faría no los considera realidades absolutas, como sí lo es la substancia; vale decir, no son seres en sí sino modos de ser; tampoco los considera nociones *a priori*; los considera, más bien, como accidentes reales o como nociones de la mente con fundamentos en la realidad. Es decir, cuando se consideran como medidas de seres reales, son accidentes reales que modifican realmente a los cuerpos; pero cuando no miden seres reales, cuando por imaginación se suprimen los cuerpos, son nociones de la mente *a posteriori*. A continuación entra a etiquetarlos de absolutos y relativos según el modo de considerarlos como reales o imaginarios. Son accidentes reales cuando expresan medidas o relaciones y responden a tres preguntas, según Faría:

1) ¿Cuánto mide un objeto y duró un hecho? Esta pregunta se relaciona con la extensión y la duración –correlatos fundamentales del espacio y del tiempo–, las cuales “consideradas **en sí mismas son accidentes absolutos**” modificativos de la cantidad en sí. En este sentido, “todo cuerpo tiene extensión y duración en sí, sin necesidad de relacionarlo con otro cuerpo”. Pero “consideradas **como medida son accidentes relativos**”, entonces, el espacio y el tiempo son medidas de la extensión y de la duración respectivamente. Así el espacio y el tiempo son accidentes reales de relación. De manera que, según Faría, el espacio y el tiempo son accidentes absolutos y relativos modalmente, como en los tiempos de Newton, cuando los físicos necesitaban de esos accidentes en tanto que conceptos matemáticos, verdaderos, absolutos e inobservables como garantes del principio de inercia;

pero que en su medición práctica eran considerados como conceptos físicos, aparentes, relativos y medibles, luego observables. Esa es una vieja dicotomía quimérica ya superada gracias a la TRE. Esto hace parte de las ambigüedades y confusiones estériles ya señaladas. La cosmología escolástica, como tal, es pura y anacrónicamente newtoniana y es precisamente la que va a servir de base para pretender controvertir la física no newtoniana, la relatividad. Esta dualidad, en uno y otro caso, debe ser dirimida por la experiencia y la observación, lo que fue efectivamente el caso y favoreció lo relativo, la relatividad. Pero también reservó lo absoluto, la absolutividad para otros objetos, como veremos abajo.

2) ¿Dónde está el objeto, cuándo se verificó el hecho? Esta interrogación se refiere a accidentes de lugar o localización y de temporalización reales de relación, que modifican al ser real demarcándolo o limitándolo espacialmente y temporalmente. Corresponden a las categorías de cuándo y dónde y no a la noción formal de espacio y de tiempo, aunque están íntimamente relacionados con ella.

3) ¿Cuánto dista espacial y temporalmente de otros objetos o hechos? Esta cuestión se enlaza con los accidentes reales de relación, y para su concepto es la “**noción formal y más precisa del espacio y del tiempo**”.

67

Todo lo anterior muestra cómo la cosmología escolástica considera la teoría del espacio y del tiempo. A un mismo concepto lo considera absoluto o relativo según las circunstancias, y, en el fondo, está más cerca de las concepciones de Newton que de Einstein. La TRE precisa que la extensión y la duración son sencillamente locales, relativas, dependen del referencial y de su estado de movimiento y tienen que transformarse específicamente, al cambiar de referencial, para poder así garantizar la universalidad de las leyes de la física respecto de las TL y prohibir, de paso, la existencia del movimiento absoluto; es decir, que las leyes sean indiferentes a las diferentes perspectivas del observador inercial, de sus diversos y multiformes puntos de vista. De esa única manera se asegura que las leyes físicas no sean modificadas por el estado de movimiento, vale decir, sean covariantes; además, que los invariantes, “verdaderos” absolutos relativistas, sean preservados por las TL.

Las medidas de muchas magnitudes físicas –entre ellas: espacio, ángulo, tiempo, aceleración, masa inercial, temperatura, calor, campo eléctrico y magnético, etc.– son relativas (son “variantes”), contingentes, y son modificadas por el movimiento. En cambio, otras magnitudes físicas –tales como: la velocidad de la luz, la carga eléctrica, la masa en reposo, el tiempo propio, el ds^2 , el 4-volumen, la perpendicularidad, el paralelismo, la entropía, la fase ondulatoria, el lagrangiano, el principio de mínima acción, la sección

eficaz, etc.— serán siempre preservadas (son “invariantes”) por el movimiento y son los auténticos nuevos absolutos relativistas. Las ecuaciones que expresan las leyes físicas también serán absolutas, conservarán siempre su forma (son “covariantes”), intrínsecas, libres de coordenadas.

Sorprende aún la ligereza con la cual este texto de filosofía, de 1953, expone, malinterpreta y “crítica” la teoría de la relatividad, como veremos a continuación. En primer lugar, afirma en contradicción con los hechos que, por ejemplo, la “hipótesis” de la equivalencia entre la masa y la energía “**no ha sido comprobada**” (1954), cuando es en realidad una deducción relativista (teorema), no hipótesis, que sí había sido comprobada en múltiples ocasiones, desde 1932 con la reacción nuclear litio(protón)helio, y luego a través de la fisión nuclear (1939), la bomba atómica (1945) y la bomba termonuclear (1952).

En efecto, la primera verificación experimental, clara, inambigua y contundente de la inercia de la energía, de la transformación de masa en energía, y de la conservación relativista de la masa-energía fue exhibida, en 1932, por Cockroft y Walton [Cockroft y Walton, 1932]. La experiencia consistió en bombardear núcleos de litio en reposo con protones acelerados.

68

Al siguiente año, 1933, se observó la materialización de pares electrón-positrón a partir de rayos gamma, [Joliot-Curie, 1933a], y se tomaron fotografías del proceso, [Joliot-Curie, 1933b, 1933d, 1934c]. En el mismo año también se obtuvo experimentalmente la desmaterialización (aniquilación) de pares electrón-positrón que producen uno o dos rayos gamma, [Joliot, 1933c, 1934a, 1934b; Thibaud, 1933].

Ahora nos proponemos examinar la refutación de algunas concepciones y conclusiones de la TRE. Faría expone sus objeciones en la sección que trata del “Relativismo de Einstein” que él y “sus partidarios —dice Faría— exageran mucho”. Curiosamente, Faría no da exactamente la definición del relativismo de Einstein, o mejor dicho, reduce la teoría de la relatividad a relativos únicamente, cuando en realidad la teoría es rica en absolutos, desde luego, de otro tipo. Después de aclarar el significado del relativismo científico y de dar las nociones previas sobre los aportes de Einstein —espacio y tiempo no absolutos, su fusión y la masa variable— pasa a la sección “Crítica del relativismo” donde desarrolla los “**Puntos de vista aceptables**”, según él, —la relatividad, relacionalidad y movilidad material— y, finalmente, termina con lo que él llama los “**Puntos de vista erróneos**”, los cuales analizaremos a continuación.

Para comenzar, Faría se interesa por “las conclusiones filosóficas” de la TRE, que luego pasa a “criticar”. Dicha crítica se basa en ejemplos inadecuados y mal expuestos que, por otro lado, son sometidos a interpretaciones simplistas y erróneas. Son verdaderos paralogismos.

Retomando el hilo, concede que la TRE es muy difícil por las complejidades físicas y matemáticas, y por situarnos en un mundo nuevo y distinto de nuestras percepciones, y de inmediato concluye perentoria y equívocamente con esta petición de principio: “y así no hay dos autores que lo expliquen lo mismo”. En este delicado pasaje de incitación a la duda no metódica, hubiera sido conveniente nombrar dos autores, mencionar dos libros, referirse a dos teorías, o aludir a dos citas a manera de ejemplos antinómicos ilustrativos. Las explicaciones o puntos de vista, de más de dos autores, pueden ser diferentes, aclaratorias y enriquecedoras, mas no necesariamente divergentes, antinómicas y plagadas de contradicciones.

En su opinión, califica, sin más, de “conclusiones plenamente contrarias a la razón y a la experiencia” a las consecuencias relativas al espacio y al tiempo (contracción y dilatación); los declara “puntos falsos”. “El relativismo –afirma Faría– llega a **conclusiones contrarias al sentido común**”, lo cual es plenamente cierto pero no es ni contradictorio ni falso físicamente, son seudoparadojas: paradojas para el sentido común, pero no para el sentido físico. Ciertamente, la TRE es contraria a la lógica del sentido común, lo mismo que la teoría cuántica y, más aún, esta última va en contra de la lógica bivalente (exclusión de medio), la causalidad, el determinismo y desemboca en una lógica polivalente. Estos son algunos rasgos sobresalientes de la física moderna. Faría acepta que el espacio y el tiempo son “relativos” en tanto que medidas relacionales. Mas sin embargo, encadena incorrectamente: “Pero son absolutos en el sentido de que **una vez determinada la medida para calcular la extensión y la duración, ni el espacio ni el tiempo cambian en función del movimiento.**” Este pasaje antirrelativista guarda estrecha relación con los escolios newtonianos sobre lo relativo y absoluto, que ya comentamos; es decir, retrocedemos casi tres siglos. Por demás, viola su propio principio de exclusión de medio e introduce una extraña dualidad. En efecto, no se puede sin más afirmar que tanto el espacio y el tiempo son, en unos casos, relativos y, en otros, absolutos, dependiendo de las circunstancias. Si atendemos al rigor físico, esa aserción es inadmisibles. De seguro, es tanto o más cuestionable que la lógica y la metafísica no se pueden contradecir con la física; no pueden tener verdades de uso privativo.

Dentro de este mismo contexto, declara: “**No aceptamos que el espacio se abrevie en razón del movimiento**”. Pretende encontrar otro absurdo cuando asegura que “**Tampoco aceptamos que el tiempo se encoja o dilate en el sentido einsteiniano**”. Concluye que “*Hay, pues, una medida absoluta de tiempo, que el movimiento no puede modificar*”. En efecto, estas extrañas consecuencias relativistas, que atañen con la dilatación del tiempo subordinada al movimiento y a la acción de la gravedad, han sido

probadas sobradamente en reiteradas experiencias y circunstancias [mesones, (1941, 1952), efecto Doppler transversal (1938, 1941), efecto Mössbauer (1959, 1960, 1965), aviones o “gemelos de Langevin materializados” (1976), GPS (1980)], tanto que hoy es una banalidad. Podríamos atenuar nuestra crítica al paralogismo anterior si Faría se refiriese al tiempo propio, que es un invariante relativista, pero sus argumentos, propósitos y sentencias están muy lejos de este concepto y encaminados más bien a otros objetivos. De todo lo anterior se desprende que, en el fondo, la ontologización y cosmologización del espacio y del tiempo son anfibológicas y antinómicas cuando se quieren aplicar a la realidad física –teórica y empírica–. Por otra parte, los esfuerzos discursivos de cientificidad resultan, aquí, quiméricos.

Basado en lo anterior y recurriendo al argumentario del común, Faría asevera que la consecuencia de los gemelos de Langevin “*repugna biológicamente*” y contradice “el sentido común”. Esto es exacto, pero no dejó dudas la confirmación experimental con mesones en 1941 y, más tarde, reconfirmado con relojes atómicos debidamente sincronizados, uno en tierra y el otro viajando en un avión (1976), que a la postre resultaron irreversiblemente desincronizados. Destacamos, a manera de ejemplo trivial, el actual y doméstico GPS.

En particular, llama la atención el hecho de considerar que el espacio y el tiempo como accidentes lógicos –no contingentes cuando expresan conceptos ontológicos existenciales– finalmente terminen siendo espacio y tiempo *per se*, que existan independientemente de la substancia en movimiento: son absolutos. Ahora bien, esta existencia ontológica e independencia cinemática no son posibles en la TRE y aun menos en la TRG: el espacio y el tiempo vienen a ser cada vez menos absolutos y cada vez más relativos; mientras que el verdadero absoluto, en el sentido relativista de Poincaré, Einstein y Minkowski, es el espaciotiempo. Si bien todo cuerpo se ubica necesariamente en un sitio y en un instante dado, la física va más allá y la medida de éstos, vale decir, sus definiciones operacionales reproductivas, exige una contingencia y una relatividad relacional, que no contempla la lógica y la metafísica tradicionales, al considerarlos como categorías absolutas o categoremáticas estáticas, donde continente y contenidos no se complementan sino que se divorcian. Ellos pierden en absolutividad filosófica lo que ganan en relacionalidad y relatividad física; ganan en categorematicidad física lo que pierden en categoricidad metafísica.

Y claramente, Faría expresa otras afirmaciones canónicas de este tenor: “**Tampoco podemos aceptar la identificación del tiempo y del espacio**”. “**El relativismo confunde el sentimiento psicológico del tiempo con el tiempo real**”. Estas citas nunca han sido enunciadas ni sostenidas por la teoría científica de la relatividad. Concluye perentoriamente

que “**el relativismo einsteiniano tiene puntos inaceptables en el sentido filosófico**”. Esta ligera aseveración filosófica, con su correlato físico, expresa ni más ni menos que la ciencia de los fenómenos oculta una dualidad interpretativa y de aceptabilidad: una física y la otra filosófica, que finalmente se contradirían. Ya en su texto de lógica, [Faría, 1953, p. 112], había tratado la deducción o teorema de la inercia de la energía de “**hipótesis**” que “**no ha sido comprobada**” contraviniendo el dictamen experimental. De hecho, estas argucias nos harían sonreír si no fuera por la influencia nefasta y perniciosa que engendran en la cabal comprensión e intelección del mundo físico tal como lo representa y estudia una parte de la física moderna.

Sin duda, este tipo de afirmaciones contenidas en un texto de enseñanza oficial, que se supone descansar sobre bases científicas incontrovertibles, debidamente controladas y verificadas, crea un estado de confusión entre la cosmología como filosofía y la física como ciencia. ¿Cuál de las dos es correcta? ¿Contiene más científicidad la escolástica que la física? ¿Tiene más peso y credibilidad la especulación filosófica que la teorización física? En tal sentido, las objeciones desacreditan, más bien, a la relatividad, considerada y presentada como una simple teoría científica –desde luego, falible (refutable) y verificable– que presentaría fallas filosóficas. Acepta Faría que la teoría de Einstein es una teoría científica, “pero –añade– esto *no significa que haya dejado de ser teoría para convertirse en una verdad científica, y ser la única explicación que corresponda a la realidad de los hechos.*” (sic). Extraña, pues, este tipo de advertencia y precaución con los términos hipótesis, teoría y verdad cuando en nuestros textos de filosofía católica se hacen alusiones constantemente a Dios, a los dogmas, a los misterios y a la religiosidad (creencia); y, desde luego, cuando la argumentación lógica o metafísica se agota o entra en una posible remota contradicción con la teología, entonces, se echa mano a lo divino, a la patristica, a la autoridad y a la tradición, a manera de *Deus ex machina*. Un texto de enseñanza de filosofía, reiteramos, no debe estar infeudado a creencias religiosas cualesquiera, sobre todo, cuando también trata de asuntos cosmológicos y científicos, en general.

El mencionado libro termina con una sección intitulada: “**No puede admitirse el espacio tetradimensional**”. Aunque admite que este espacio “**puede aceptarse como una abstracción o símbolo algebraico**”, inmediatamente infiere que “**no podemos representarnos geoméricamente el espacio de cuatro dimensiones. [...] Sólo podemos trazar tres rectas perpendiculares entre sí [...]. No podemos imaginar otra dimensión distinta de estas tres.**” Ahora bien, estas nociones de tres, cuatro, n ó infinitas dimensiones discretas, continuas o no contables, es propio de los

espacios vectoriales formados de rectas dirigidas u otros objetos o seres matemáticos; de suerte que se habla corrientemente de números hipercomplejos, bases ortonormales, funciones ortonormales, polinomios ortogonales (¡“perpendiculares”!), operadores ortogonales, grupos ortogonales, etc. Aquí vemos que la imaginación, el trazado y la representación abstracta son fecundos. Los cargos con que los clásicos argüían, y que Faría repite aquí, con un siglo de retraso, son inadecuados y apelan al sentido común cuando éste no hace parte de la física o de la matemática, como ya lo hemos dicho. No estamos en los tiempos de Aristóteles, felizmente superados parcialmente desde Galileo. Máxime cuando se le juzgó inicuaamente con el sofisma escolástico de que las ideas copernicanas se podían aceptar sí como simples hipótesis, pero no como tesis; como tales estas eran totalmente condenables. Finalmente, estas primaron sobre aquellas.

Concluye Faría, de manera categórica, que “sacamos como consecuencia que el espacio tetradimensional está en pugna con la realidad del universo”. Tamaño exabrupto es impugnable al contrastarse los grandes avances logrados en el estudio (entiéndase relativista) del universo y dichas herramientas heurísticas y pragmáticas empleadas que, por supuesto, no pugnan con la realidad del universo. La infortunada impugnación precedente hace desandar los pasos medio siglo hacia atrás. No hay que olvidar que textos como el anterior estaban dedicados a la formación de la juventud, y es lamentable que de manera irresponsable se colocasen al margen de todo rigor científico y sin la previa verificación elemental de sus afirmaciones, habida cuenta que se adentraba en campos que no eran de su competencia.

A propósito, teniendo en cuenta el talante de las refutaciones precedentes sobre el espaciotiempo, es pertinente aclarar lo siguiente: El espacio de un segundo transcurrido y un segundo invertido en el espacio por la luz es otra manera elíptica de decir: Un espacio de tiempo transcurrido y un tiempo de espacio recorrido. Antes bien, de esta manera el tiempo queda espacializado y el espacio queda temporalizado. Si a menudo se dice en el espacio de una hora, ¿por qué no decir en el tiempo de un kilómetro? Ya nadie se inmuta al oír hablar del minuto-luz o del año-luz como unidad de distancia astronómica. En tal sentido, lo anterior nos lleva a concebir un nuevo ser u objeto físico invariante: el espaciotiempo, sin guión, el cual no es la simple yuxtaposición de dos cosas primitivas, preexistentes, son más bien dos cosas íntimamente entrelazadas. Es un ser que debe la existencia a la materia que contiene. Se trata de la reinención del espacio y del tiempo y de su cinemática. La TRE es la ciencia del espaciotiempo. Esta última interpretación y reformulación audaz y radical, que al principio se encontró artificial y pesada, se gestó

como instrumento heurístico con el fin de esbozar la primera teoría relativista de la gravitación, [Poincaré, 1905a, 1905b].

La física clásica, por su parte, estipula que las coordenadas espaciales son unas variables y el tiempo es un parámetro que las determina y da la trayectoria de un móvil (vector posición). Por el contrario, la TRE estatuye que el tiempo debe ser otra coordenada más, intrincada con las tres coordenadas espaciales, como se desprende de las TL; de este modo, estas cuatro coordenadas localizan unívocamente los eventos espaciotemporales. De manera que el tiempo entra con el mismo pie de igualdad que el espacio y se establece una simetría entre ellos. La TRE afirma que espacio y tiempo están estrechamente correlacionados, sinalefados, pero no son iguales, ni reducibles el uno al otro; son cuatro elementos relativos de coordinación que realizan o representan un cuadvivector, el cual es un ser geométrico invariante, valga el pleonasma, en un espaciotiempo absoluto, invariante por TL, como también su geometría minkowskiana a través de la métrica (tensor métrico, también invariante, objeto geométrico).

Con esta sección terminamos el estudio del espacio y del tiempo, como ejemplos de conceptos fundamentales de la física clásica y relativista, que también son estudiados, como nociones categoriales, por tres disciplinas del saber filosófico (lógica, metafísica y cosmología). Estos predicamentos no sólo son atributos máximos irreducibles del intelecto (orden lógico) sino modos supremos de la existencia real de los seres (orden ontológico) y marcos de referencia fenomenológicos (orden cosmológico). De estos dos estudios paralelos (triple orden filosófico y aspecto físico del espacio y del tiempo) se infiere que las concepciones filosóficas reinantes en nuestro país ni ayudaron y ni convergieron hacia un refuerzo de la desnewtonización que exigía la física destinada a describir un amplio conjunto de nuevos fenómenos. En el fondo, la cosmología escolástica –como también la lógica y la metafísica– es profundamente aristotélica. Por lo mismo, es una doctrina que se sitúa en los antípodas de la cosmología relativista. Antes que proceder a una previa desaristotelización, la filosofía escolástica intentó, más bien, operar desde un sistema que consideró perfecto, canónico, acabado e infalible y, como tal, debía ser “verdadero”; y, por ende, conducir a una interpretación cierta y contrastable de magnitudes físicas. No obstante, si atendemos a su rigor, la explicación es utópica y errónea. La ciencia y la religión siempre divergen. La fe va en contravía de la razón y de la ciencia. La razón y el dogma, en todo caso, son incompatibles.

7.1.3. Tropiezos epistemológicos

Los factores negativos, que retardaron en nuestro país el avance de los cambios en la manera de ver la geometría y de pensar la física, tienen que

ver, por un lado, con la imagen conceptual que se tenía de las hipótesis, principios y teorías; por el otro lado, de la percepción que se tenía de la verdad, de la exactitud, de lo correcto y, en general, de la ciencia y de su valor. En una palabra, ciertas opciones epistemológicas influenciaron durablemente la orientación que nuestra Élite adoptó en relación con el advenimiento de la relatividad. De eso trataremos ahora.

Desde una óptica tradicionalista, los modelos y teorías eran considerados, no como construcciones intelectivas tributarias de las facultades cognoscitivas, sino como “verdades”, en el sentido lógico y ontológico, de correspondencia unívoca, necesaria, exacta y exhaustiva entre el mundo teórico (subjetivo, del físico) y el mundo exterior (objetivo, de los fenómenos). Además, si la correspondencia se realizaba a través de la matematización del discurso físico, entonces, se alcanzaba un grado máximo de certeza, de veracidad.

Poincaré estaba convencido de que los principios de la mecánica, a pesar de su origen empírico, eran convenciones o definiciones. Para él, un principio es una generalización inductiva de resultados experimentales y observacionales. De allí proviene su alto grado de certeza. Los principios, en su opinión, no son deductivos ni demostrables sino verificables todo el tiempo hasta que fallen; así los principios adquieren un alto grado de seguridad, y su no fragilidad proviene de no estar ligados con la experiencia directamente (esto como resultado final del proceso de idealización y de racionalización). Precediendo a Einstein, Poincaré pensaba que los axiomas de la geometría de Euclides eran definiciones ocultas, convencionales y cómodas para describir las propiedades del espacio; aquellas eran fruto de un acuerdo tácito y podían cambiarse, y de ninguna manera eran juicios sintéticos *a priori* como lo sostuvo Kant. “Las leyes de la naturaleza –sintetizó Einstein más tarde– son libres invenciones del espíritu humano”. Otra fue la posición asumida por la Élite. Huelga decir que me he referido reiteradamente a Poincaré porque fue un autor muy leído y apreciado por la Élite y, de hecho, sus numerosas publicaciones sobre epistemología la influenciaron mucho, pero no hasta el punto de provocar una ruptura en el modo de razonar tradicional, [Poincaré, 1887, 1898, 1900a, 1900b, 1902a, 1902b, 1905c, 1906, 1908a, 1913a, 1913b, 1954].

La Élite consideró y existió la mecánica clásica como una teoría verdadera en el sentido ontológico, única como paradigma y absoluta en cuanto a su modalidad existencial. No sólo ella era enseñada, de manera irreprochable y con sobrada razón, como fuente indispensable de conocimiento práctico en la ingeniería y la astronomía, sino que también se estimó que esa mecánica no podía admitir modificaciones ulteriores y, menos aún, cambios drásticos; ni tampoco podía abandonarse como modelo de modelos; y

repugnaba el reducirla a un caso particular y aproximado de otras teorías más exactas y correctas –no más verdaderas– como la electrodinámica o la relatividad. Por otra parte, la Élite científica, que se había formado en ese marco conceptual epistémico, al querer tomar en consideración los nuevos fenómenos y explicarlos dentro del modelo newtoniano, tuvo que poner de lado las novedosas explicaciones que se suministraban, que no sólo mejoraban las ya dadas por el modelo newtoniano, sino que iban consubstancialmente en detrimento de este. Los nuevos hechos tenían que ajustarse al modelo tradicional, pensaba la Élite. Este fue el principal obstáculo de naturaleza conceptual que rodeó la física que se cultivó y enseñó en nuestro país, en el lomo de los siglos XIX y XX. La aceptación de los cambios en la evolución de la mecánica clásica –considerada como una física primera inmutable, necesaria y absoluta– no encontró un terreno favorable. Los prejuicios epistémicos y atávicos no lo permitían. La tradición conservadora, y no la innovación discursiva, primó.

La teoría pre-relativista de Lorentz era vista por nuestra Élite con desconfianza, debido a la hipótesis subyacente de los electrones. De por sí, la forma elipsoidal de estos, su carga cuantizada, su deformabilidad y su masa inercial variable con el movimiento fue un agravante para que se aceptaran como “detalles íntimos”. Al mismo tiempo, como bien cabe suponerse, estos últimos ingredientes impensables no encontraban un lugar adecuado en la mecánica clásica. Esto recibió, sin duda, un refuerzo de parte de la componente positivista de la visión débilmente ecléctica que la Élite tenía de la inteligibilidad de los fenómenos y de lo que llamaban el epifenómeno. En consecuencia, estos presupuestos no le permitieron asimilar esa osada descripción microscópica. Por otro lado, tratar de conocer la esencia de “la cosa en sí” fue rechazada en nombre de las concepciones de Kant y de la limitación cognoscitiva de Spencer. De entrada, la atomicidad de la electricidad era descartada por razones epistemológicas, y estas a su vez inducían reacciones negativas en el campo propiamente dicho de la física, y esto limitaba las concepciones hipotéticas como bases necesarias del estudio teórico de los fenómenos, [Garavito, 1912a, 1912b, 1913, 1916a, 1920a, 1920b, 1938; Álvarez Lleras, 1915, 1920, 1925, 1926, 1932, 1937, 1938; Álvarez Lleras y Borda Tanco, 1937].

Las objeciones precedentes y las disquisiciones presentes en la literatura citada de la Élite son argumentos sin duda discutibles, pero ciertamente no desechables de plano. Se nos objetará que les interponemos cortapisas en la libre discusión y en la elección de opciones, sobre todo si tenemos en cuenta que están asistidos por la navaja de Guillermo de Occam (1300-1349): Es vano hacer con más lo que uno puede hacer con menos. Ciertamente, entre más independiente sea una explicación o teoría de modelos materiales, de

paradigmas mecánicos y de substratos sujetos a hipótesis *ad hoc*, más se recompensa el rigor teórico del físico. Correlativamente, entre menos contenido haya en una explicación o teoría en hipótesis, principios fundamentales y complicaciones, menos se insatisface el espíritu filosófico del físico. Y esto, desde luego, lo trajo justamente el advenimiento de la relatividad dentro de las otras alternativas competitivas. Se trataba de escoger lo más sencillo, coherente, falible (falsable o refutable) y validable teórica y experimentalmente. En ese sentido, la relatividad fue un *Deus ex machina*.

Los obstáculos de orden epistemológico y matemático secundados por un tercer estorbo de naturaleza puramente físico, arruinaron, durante casi dos décadas, la normal aceptación en nuestro país de la física relativista, la nueva epistemología y la novedosa cosmovisión: la desmecanización, vale decir, la desnewtonización de la física en provecho de la maxwellización.

7.2. Barreras geométricas

76 A continuación tomaremos en consideración las consecuencias de una cierta “antinoeulidianidad” que prosperó en nuestra Élite y que tuvo por secuelas, en tanto que barrera, dos cosas: alienarse una nueva creación matemática fructífera y, por consiguiente, enajenarse sus posibles aplicaciones fecundas a la nueva física. La relatividad, enriquecida por la presencia de nuevas simetrías e invariancias, es eminentemente una geometría no euclidiana, más exactamente, es pseudoeuclidiana, en el sentido exacto de Klein. Este es un detalle de inmensas consecuencias y posibilidades que fue puesto de relieve desde el principio en la TRE. Al alinearse con la sola geometría euclidiana, la Élite no pudo percatarse de ese detalle trascendental, que la hubiese inclinado a una aceptación de la relatividad por la sólo vía geométrica, cuando no epistemológica o física.

En esta sección presentaremos el segundo de los obstáculos. Los interrogantes generales que se formuló la Élite, en el campo geométrico, fueron: ¿En qué medida podemos decir que las proposiciones de la geometría son objetivamente verdaderas? ¿Si existen varias geometrías, cuál se aplica al mundo real, físico? ¿Cuál es el estatus axiológico y pragmático de las “otras” geometrías? ¿Las leyes de la física, como las proposiciones de la geometría, son definiciones ocultas, simples convenciones, escogencias cómodas o consecuencias de otras definiciones? ¿Se debe considerar la física, al tenor de la geometría euclidiana, como una ciencia puramente empírica, o por el contrario, racional, teórica, convencional, paradigmática, acabada y definitiva? Este cuestionario también toca por excelencia el dominio de la epistemología, de manera que, haciendo caso omiso de repeticiones, esta complementa y precisa este análisis geométrico. Aquí nos preocuparemos por las relaciones y sus consecuencias entre la geometría y

la física, en particular, con las teorías de la relatividad. Las barreras matemáticas se debieron principalmente a la pluralidad de las geometrías y a la multiplicidad de las dimensiones, sobre todo la dimensión temporal; y en menor escala a la fuerte orientación fisicomatemática en detrimento de la física teórica que la Élite profesaba. También no se prestó la merecida importancia a la teoría de los grupos de simetría y su conexión con la geometría y la física relativista.

La deseulidianización. El conjunto de los interrogantes precedentes recibió el siguiente tratamiento. La génesis física o empírica de la geometría fue privilegiada por la Élite de manera unilateral, sin temperar ni relativizar esta opción. La no-euclidianidad omnímoda fue el corolario directo. Ciertamente, el ser humano estudia intuitivamente lo que primero lo impresiona: lo inmediato, lo local, lo instantáneo, la vecindad. Por eso para estudiar una curva o una superficie lo hace localmente (cálculo diferencial, geometría diferencial). Para la Élite era natural que, por referirse las proposiciones de la geometría a un mundo de objetos “reales” y “verdaderos”, entonces dichas proposiciones debían ser reales y constituir una certeza, en cuanto a la correspondencia se refiere. Como la mecánica tiene un origen parecido y se apoya en la geometría euclidiana, entonces, debía gozar de los atributos y del estatus de esta. La geometría y la física son consubstanciales. Esto es corroborado por la TRG, donde la física (distribución de la materia) genera la geometría (pero riemanniana en este caso) y, recíprocamente, la geometría engendra la física del movimiento.

77

En el caso de la TRE, su métrica no es definida positiva y engendra una geometría seudoeuclidiana; entonces, resulta que en ella los sólidos no son invariables, la distancia tridimensional no es un invariante de Lorentz, en cambio, sí lo es la distancia cuadrídica. De aquí la Élite colegía que una física no newtoniana, que descansase en una geometría no euclidiana, era un artilugio artificial e inútil como ya lo eran, pensaba ella, las geometrías no euclidianas: artificiales, caducas e inútiles, menos que adminículos, [Garavito 1916b, 1917, 1938; Arciniegas, 1921]. Esto nos enseña que la Élite no justipreció adecuadamente los trabajos de Riemann, de Klein, de Poincaré y de Minkowski, en el caso que los hubiese conocido de primera mano.

Es pertinente recordar que sobre el quinto postulado de Euclides (de las paralelas) aquí se epilogó mucho, a través de varias publicaciones, en vista a su demostración; asunto que ya había sido arreglado definitivamente, desde antes de 1829, por Gauss, Bolyai y Lobachevski. Sabemos que la geometría sufrió una evolución afortunada con diversos ingredientes (axiomaticidad, afinidad, metricidad, proyectividad, no euclidianidad, invariabilidad, topologicidad, no riemannidad, no conmutatividad, etc.) que le otorgaron un

alto grado de pluralidad y de estatus orgánico, de autonomía y de instrumento. Dentro de ese amplio espectro geométrico, pretender que una geometría era más real, verdadera, perfecta, canónica, quimérica e inútil frente a otras, era un anacronismo y un unilateralismo ingenuo. En la historia de la matemática y de la física abundan numerosas situaciones que, por falsas analogías con la intuición, erróneas representaciones concretas e ilusorios recursos de apoyo psicológico, han impedido momentáneamente el avance de esta disciplina.

Para un matemático o un físico-matemático, pero no forzosamente para un físico, las geometrías, en particular la de Lobachevski o la de Minkowski, no necesitan de modelo físico concreto, ni de representaciones sensibles, ni de visualizaciones intuitivas, ni de realizaciones concretas, ni de soporte en el sentido común, para existir o como garantía y referencia de “verdad”, “realidad” y exactitud –bastaba con la axiomatización–. Precisamente eran estos atributos los que preocupaban esencialmente a la Élite. Pero cuando tentativas exitosas, como las de F. Klein, Eugenio Beltrami (1835-1900) y H. Poincaré, tendientes a demostrar que las geometrías no euclidianas eran susceptibles de ser realizadas por medio de modelos concretos construidos en el seno mismo de la geometría euclidiana, entonces, estos logros no convencieron a la Élite; esta se mostró hipercrítica frente a la necesidad de relativizar de antemano el grado de realidad y verdad geométrica, es decir, la relación entre la física y la geometría. Los procedimientos heurísticos, que habilitaron la posibilidad de construcciones concretas de las geometrías deseucidianizadas, eliminaron el aparente lado abstracto, irracional, incomprensible y misterioso de esas multigeometrías no euclidianas, y de esta manera éstas adquirieron legitimidad y respetabilidad. Estos constructos no generaron tropismo alguno en la Élite. Poincaré también rescató la importancia de las geometrías no euclidianas en relación con las funciones fuchsianas. A pesar de esos aportes tranquilizadores de Poincaré, [Poincaré, 1887, 1898], a las geometrías no euclidianas (elaboración de un modelo, relaciones con las funciones automorfias) y de su audiencia, su influencia, hacia una disposición positiva relativa a la aceptación de las geometrías no euclidianas, no se hizo sentir aquí.

El matemático, físico y filósofo galo sostenía, valga la repetición, que los axiomas de la geometría no eran simples juicios sintéticos *a priori*, ni hechos experimentales incontrovertibles, sino meras convenciones y elecciones cómodas. Estas concepciones fueron compartidas parcialmente por la Élite, en lo que se refiere a la geometría euclidiana. La relativización resultante fue matizada y compensada, con relación a las geometrías no euclidianas, por un simple rechazo en cuanto a sus posibilidades, debido a su inutilidad, decían. La comodidad fue trocada por una convicción existencial y la convencionalidad fue permutada por juicios intuitivos manifiestos. Nos

adelantamos al afirmar que tampoco fue admitida la contribución fundamental de Poincaré, [Poincaré, 1905a, 1905b], que consistió en inventar una cuarta dimensión temporal imaginaria, con el fin de obtener un espacio geométrico de representación de cuatro dimensiones que le permitiera escribir su métrica seudoeuclidiana invariante y, por lo demás, considerar las TL como simples seudorrotaciones de ese espacio abstracto. Esta invención del espaciotiempo cuadrimensional, con su geometría seudoeuclidiana, permitió reinterpretar el principio de relatividad especial, estudiar la estructura y los invariantes del espaciotiempo, los efectos electromagnéticos, y, gracias a su riemannización, los efectos gravitacionales, como efectivamente lo hizo Einstein, en 1915, [Einstein, 1916].

La relativización de la geometría, aseverada por Poincaré, [Poincaré, 1887, 1898], en detrimento de la absolutización kantiana, fue formalizada por la teoría de la relatividad general, al demostrar esta que la estructura del espacio y su carácter no euclidiano (multiplicidad local de geometrías riemannianas) dependen de la distribución de materia. Decir que la física determina el tipo de geometría riemanniana en cada punto del espaciotiempo es equivalente a resolver el problema de la TRG: hallar el tensor métrico (geometría) correspondiente a una distribución de materia dada (física); dicha solución está en las diez condiciones (o ecuaciones) impuestas a la métrica.

79

Concluimos, pues, que la no aceptación de las geometrías no euclidianas en sí mismas, y en el campo de la física, nos alienó no sólo la TRE sino también la asimilación de la TRG.

La multidimensionalidad. Otra componente de la barrera geométrica, consistió en el problema de la visualización geométrica, física, de dimensiones espaciales superiores a tres, generalización llevada a cabo por Riemann en la expresión de la métrica con coeficientes funcionales. Si este marco geométrico de licencias métricas se hubiese subordinado a un simple aspecto algebraico de número de variables, entonces, el impasse multidimensional hubiese sido resuelto por nuestra Élite. Esta limitación geométrica, a pesar de una licencia algebraica de libertad, prohibió ir más lejos en la concepción de un modelo de mundo pluridimensional perfectamente adaptado a la nueva física. Incidentalmente, el progreso, en toda su generalidad, de los espacios multidimensionales (caso de la teoría cuántica) consistía en pasar de dimensiones discretas a dimensiones continuas y fractales; de pasar de dimensiones finitas a infinitas e infinitas no contables o, en nuestro caso, a una dimensión temporal oide.

Esta contrariedad tutelar de la pluridimensionalidad, junto con la mortificación de la multigeometricidad, paralizó la proyección de las geometrías a las nuevas teorías de la física. Había que vencer esas cortapisas y prejuicios interpretativos, ontológicos y geométricos. No sólo había que

proceder a una ruptura de esta barrera geométrica, sino vencer también un obstáculo puramente psicológico. Ese paso se dio aquí con mucha lentitud. El problema no era sólo nuestro y la Élite colombiana no constituyó una excepción. Una muestra es el caso del abogado, matemático y filósofo alemán Eugen Karl Dühning (1833-1921), quien aseveró que la geometría no euclidiana había surgido de las partes menos degeneradas del cerebro de Gauss.

Concluimos que el conocimiento de las geometrías no euclidianas no era indispensable para asimilar las versiones de la relatividad de Lorentz, de Poincaré o de Einstein. Pero rechazar las versiones no euclidianas de la geometría sí indisponía y sí prevenía la libre lectura y la comprensión de la versión de Minkowski y de la TRG de Einstein. Tratar la física sin los postulados de los absolutos newtonianos y del éter, era como manejar la geometría sin el axioma de las paralelas. Desnewtonizar era como deseuclicianizar.

La física matemática. Para terminar, recordemos que –aparte de las consideraciones obstaculizadoras puramente matemáticas, donde el aspecto geométrico fue protuberante– también hay otro cariz matemático que pasamos a comentar. Hay que señalar que la Élite colombiana, de comienzos del siglo pasado, se interesó más bien por la física matemática y no cultivó la física teórica como tal. La misma situación se presentó en Francia con Poincaré, el matemático más eminente y universalista de su tiempo, autor de una versión de la teoría de la relatividad especial y gran pensador que influenció fuertemente nuestra Élite. El estudio detallado de su publicación de 1905, refleja fielmente su orientación de físico matemático virtuoso, la cual es más notoria cuando se compara con la versión de Einstein publicada el mismo año y en el mismo mes, con algunos días de intervalo. La mayor parte de las diversas publicaciones de Garavito, en particular, reflejan profundamente el espíritu fisicomatemático poincariano a expensas del aspecto teórico de la física; asimismo, sus escritos epistemológicos se inspiran en las obras filosóficas del matemático galo.

7.3. Obstáculos físicos

Ahora nos proponemos examinar los aspectos puramente físicos más preeminentes, que se relacionan con la TRE, y sus posibles interpretaciones más relevantes. En los aspectos divergentes de dichas interpretaciones – con relación a la tradición clásica– radican los elementos de juicio para legitimar un cambio radical y admitir la TRE o simplemente criticarla y rechazarla. Del análisis, crítica y escogencia que nuestra Élite realizó de dichos aspectos y elementos, resultó la refutación y rechazo de la TRE, posición que fue fuertemente influenciada por las previas orientaciones epistemológicas y geométricas de las cuales ya hablamos. Nuestras

afirmaciones se basan en una cuidadosa lectura de los diversos documentos testimoniales escritos y publicados por diferentes autores de la Élite, sobre todo por Julio Garavito, Jorge Álvarez Lleras y Darío Roza Martínez (ver las referencias relativas a estos autores).

Los principales elementos de juicio, en el terreno de la física propiamente dicha, que hay que tener en cuenta para comprender el rechazo de la TRE, y que se convirtieron en lo que hemos denominado obstáculos, son:

1) Una inclinación exclusiva e incondicional hacia la mecánica de Newton y a su desarrollo canónico y determinista. Es pertinente señalar que esa era la tendencia altamente mayoritaria de la época.

2) Admitir la existencia de un éter totalmente arrastrado, resultado inducido o interpretativo a partir de la experiencia de Michelson-Morley.

3) Pasar por alto la teoría electrónica de Lorentz y la electrodinámica de Maxwell-Lorentz junto con las mejoras substanciales aportadas por Poincaré.

4) No tener en cuenta las concepciones no triviales, críticas y prerrelativista avanzadas por Poincaré y otros filósofos, epistemólogos y físicos notables.

5) No integrar la TRE –y, por supuesto, la TRG– dentro de la evolución y desarrollo histórico del pensamiento físico, y no proyectar el principio de relatividad clásico o de Galileo a otro grupo de fenómenos no mecánicos.

6) Considerar la vigencia de la mecánica newtoniana y de la óptica matemática para la solución de ciertos problemas donde aquellas no eran adecuadas, y, por demás, cuando ya esos problemas habían sido resueltos satisfactoriamente como simples consecuencias de la cinemática y de la dinámica relativistas.

7) Excluir ciertos instrumentos geométricos en el quehacer de la física. Eso fue contraproducente, sobre todo, al considerarse que era una geometrización invasora en los predios de la física y que conduciría a su desmecanización. Cuando en realidad se trataba de una deseucledianización conducente a una maxwellización saludable para la física.

8) Conservar la noción de éter no favoreció la recepción de la TRE.

9) Ignorar las numerosas verificaciones experimentales de la TRE y desestimar los tests de la TRG, ciertamente pocos, tres: la demostración que la teoría de la gravitación newtoniana era un caso particular de la teoría einsteiniana, el corrimiento del perihelio de Mercurio y la desviación de los rayo estelares al pasar por las cercanías del Sol. El test del corrimiento al rojo de los espectros estelares no era concluyente, lo fue más tarde. Notemos que el aval del conjunto de estos tests no garantizó automáticamente la adhesión unánime de la comunidad internacional a la TRG; al contrario de la aceptación mayoritaria de la TRE, hacia 1919, proceso que se había consolidado desde 1911.

Las precedentes consideraciones ameritan un desarrollo más detallado que muestren el carácter obstaculizador y determinante en el proceso receptivo de las ideas relativistas en Colombia. Dichos obstáculos persistieron por largo tiempo en nuestro país y sólo una paulatina superación permitió que la TRE se aculturara y difundiera.

1) La inclinación unilateral hacia la mecánica newtoniana resultó de considerarla como suprema apoteosis de la ciencia físico-matemática; algo así, guardando las debidas proporciones, como una filosofía primera perfecta y perenne. La mecánica como sistema lógico-deductivo formulado por Newton, [Newton, 1687], reposa sobre varias definiciones, tres principios (leyes o definiciones) y sobre cuatro escolios que versan sobre el espacio matemático y absoluto (localización), el tiempo matemático y absoluto (datación) y sus correlatos físicos. El espacio es relativo a los cuerpos que contiene y es ese el que puede medirse y definirse operacionalmente, y es el espacio físico. El espacio absoluto no existe o, mejor dicho, es inaccesible empíricamente, inobservable físicamente, al no existir un cuerpo en reposo absoluto (cuerpo alfa). El éter fue un candidato ideal para la absolutización del espacio, pero a la postre no llenó los requisitos físicos.

82

El monumental edificio newtoniano sigue prestando, ciertamente, sus invaluable servicios en todo el dominio para el cual fue elaborado; por eso es exacto (dentro de los márgenes de errores provenientes de las aproximaciones rigurosas de las soluciones de las ecuaciones, y de los dispositivos experimentales), correcto y “verdadero”. Pero existía otro dominio de fenómenos para explorar y que exigían otros conceptos, hipótesis, teorías, modelos, métodos e instrumentos adecuados, [Poincaré, 1902a, 1904; Garavito, 1917]. No se podían rechazar los nuevos desarrollos teóricos para los nuevos fenómenos, aun si iban en contravía de lo ya existente y aceptado, sobre todo de lo tradicional y del sentido común. En consecuencia, como en el caso de la deseudlianización de la geometría, no se consideró la necesidad de operar una desnewtonización de la física para poderla aplicar a las grandes velocidades y a la microfísica. La no newtonianidad de la física, como la no euclidianidad de la geometría, se consideró como artificial, inútil e innecesaria. De allí resultó que se aplicaran métodos clásicos inadecuados para tratar, en 1913, los resultados experimentales que abogaban por una masa inerte del electrón variable con la velocidad. Esa funcionalidad de la masa con respecto al movimiento había sido predicha dentro del programa o visión electromagnética del mundo (Abraham y Lorentz) o desmecanización, y también derivada en el contexto de la dinámica relativista (Einstein).

2) El resultado negativo, sin apelación e inesperado, de la delicada y cuidadosa experiencia de interferometría móvil de orden β^2 , ejecutada por Michelson y Morley, diagnosticó, entre otras cosas, la no detección o inexistencia del viento de éter que debía soplar en el plano de la eclíptica. El alto grado de precisión y cuidado no dejaba duda sobre las propiedades mecánicas del éter optoelectromagnético. Tres salidas interpretativas se abrieron paso, todas en abierta contradicción con otros experimentos y concepciones, a saber: a) el éter existe y está absolutamente inmóvil; b) el éter es arrastrado totalmente por los cuerpos móviles; y c) no existe simplemente el éter. La primera interpretación (a) es la más plausible por su compatibilidad con otros fenómenos. Pero hay que agregar dos hipótesis *ad hoc*: que existe una contracción de las longitudes paralelas al movimiento y un aumento de la masa inercial con la velocidad. Con este estratagema desaparece el buscado viento de éter y el principio de relatividad es salvado. Sin embargo, el resultado negativo de la paradójica experiencia de Michelson y Morley riñe con la paradigmática experiencia de Fizeau que muestra un éter arrastrado parcialmente.

La inferencia (c) fue elegida por Einstein de manera temperada: únicamente consideraría superflua la presencia del éter. La conjetura (b) fue descartada, desde 1892, por no estar de acuerdo con las observaciones. Esta conjetura fue escogida y defendida extrañamente por Garavito en una teoría, no relativista por supuesto, que elaboró para explicar la aberración astronómica. Con este paso se mostró que no se adhería a la solución relativista ya existente y se daba la espalda definitivamente a la salida relativista. Al éter móvil se refirió la filosofía católica por largo tiempo, [Faría, 1954b, p. 13, 66].

Poincaré examinó la electrodinámica de Hertz, que parte de un éter arrastrado totalmente, y vio que no respetaba los principios fundamentales (de ley de acción y reacción, de la conservación de la energía y de la electricidad), y tampoco explicaba la experiencia de Fizeau (que para algunos era la demostración palpable de la existencia del éter); es decir, no existía compatibilidad con la experiencia de Fizeau y con los grandes principios. Para Poincaré esto fue el síntoma inequívoco de la mayor crisis por la que atravesaba la electrodinámica frente a los fenómenos ópticos y electromagnéticos. Había que someter ese edificio a una remodelación y mejoras sustanciales que podían romper el marco conceptual y modificar nuestras ideas fundamentales.

3) Pasar por alto la teoría electrónica de Lorentz y la electrodinámica de Maxwell-Lorentz, junto con las mejoras sustanciales aportadas por Poincaré, como testimonian los escritos de

la Élite, los conducía a un impasse, al menos que se presentasen alternativas creíbles, coherentes y verificables. Y efectivamente, muchas alternativas fueron presentadas, las cuales entraron en competencia y fue la selección teórica y empírica la que se encargó de la eliminación natural, hasta triar la más convincente y armónica con la observación y la experiencia.

La primitiva teoría pre-relativista de Lorentz, de 1895, [Lorentz, 1895, 1937 vol. 5], alcanzó en 1904, [Lorentz, 1904, 1937], su forma perfeccionada y definitiva, con ayuda de la hipótesis de la contracción de longitudes móviles, el tiempo local y el incremento de la masa; y, además, con las mejoras introducidas por Poincaré, [Poincaré, 1905a, 1905b, 1908b, 1909, 1910, 1912a, 1924], éste logra dar rigor matemático y coherencia física al modelo. Lorentz había adelantado su programa de maxwellización de una parte importante de la física, a través de muchas publicaciones y aplicaciones. En dicha monografía, [Lorentz, 1895], éste rinde cuenta detallada de la explicación electromagnética de todos los fenómenos ópticos y electrodinámicos para pequeñas velocidades. Pero considera que los efectos del viento de éter en el segundo orden β^2 , como el experimento de Michelson de 1887, no logra explicarlos y propone otras hipótesis, como la contracción de las longitudes en la dirección del movimiento, debido a una acción de fuerzas intramoleculares –la contracción de Lorentz-Fitzgerald–.

84

La teoría pre-relativista de Lorentz era vista con desconfianza por parte de la Élite, debido a la hipótesis de los electrones como substrato de la materia y engendadores del campo electromagnético. Además, la deformabilidad y la variabilidad másica de los electrones con el movimiento fue un obstáculo para que se aceptaran esos “detalles íntimos”. Ya vimos que estos reproches provenían de ciertas trazas de positivismo dentro del eclecticismo que la Élite aplicó a lo que sus miembros consideraban como un epifenómeno. Por otro lado, la recusada osadía de descender a la esencia de “la cosa en sí” era un indicio de criticismo kantiano y de la limitación cognoscitiva spenceriana, ambos remanentes del mencionado atenuado eclecticismo de la Élite. En general, la atomicidad de la materia y de la electricidad eran, por razones epistémicas, conceptos tomados con cautela y escepticismo, como sucedía también por parte de los físicos europeos. Por consiguiente el limitar las concepciones hipotéticas indispensables indujo reacciones negativas en nuestra Élite, en el campo de los estudios teóricos de los fenómenos, actividad necesaria y fundamental en la física.

Debido a la influencia preponderante que Poincaré ejerció sobre la Élite colombiana, sobre todo en Garavito conocedor de parte de la obra filosófica de aquél, [Poincaré, 1902a, 1905c, 1908a, 1913a, Williams, 1978], es muy plausible conjeturar que el prestigio y ascendiente de Poincaré han debido contribuir para hacer inclinar la balanza en favor de la aceptación del principio

de relatividad extendido al electromagnetismo (con sus consecuencias concomitantes), y, a la vez, estimular el aspecto fisicomatemático de las nuevas concepciones. Pero eso no sucedió. Entonces nos preguntamos ¿por qué no aceptaron y asimilaron la versión relativista de Poincaré, menos radical que la de Einstein? Es notablemente curioso que tanto la Élite, como Poincaré, aceptaran la mecánica y la termodinámica axiomatizadas por principios bien depurados (teoría principal); pero con relación a la relatividad parecía que la Élite adoptara una posición fenomenológica en vez de una postura de principios (postura principal). Es bien sabido que Poincaré se inclinó por una actitud convencionalista y comodista, que era su filosofía predilecta. La concepción epistémica que Poincaré tenía de la física matemática y de la física teórica, lo orientaron (en el caso de la TRE) más hacia la intuición de conceptos cómodos y convencionales, que hacia la construcción de una teoría física axiomatizada; lo mismo que lo encauzaron a evitar las hipótesis oportunistas, a la búsqueda de analogías matemáticas, a la matematización y rigor del discurso físico, a la construcción de invariantes de grupos de transformaciones y al arbitrio final y definitivo de la verificación empírica.

En este periodo de la historia de la física floreció la concepción electromagnética del mundo, dicho proyecto buscaba, como antes lo había hecho parcialmente la reduccionista visión mecánica del mundo, derivar parte de la fenomenología natural de los principios de la electrodinámica, sobre todo la inercia. Por esta nueva vía también se hubiera logrado comprender la relatividad, si se hubiese estudiado el esfuerzo hecho por Lorentz y otros para elaborar una electrodinámica exenta de contradicciones. Esa vía, que fue ignorada por la Élite, ha podido ser de mucha ayuda para comprender los cambios que estaban por venir.

La versión relativista de Poincaré, que defendía la electrodinámica de Lorentz y era menos radical que la de Einstein (al no eliminar al éter y conservar cierto estatus a la mecánica newtoniana), no se aceptó por parte de la Élite, o simplemente no se conoció. La versión poincariana hubiese sido un camino menos difícil para aceptar los cambios que se proponían, ya que la Élite había leído “La ciencia y la hipótesis” de Poincaré, y éste gozaba de gran respeto, autoridad y admiración entre sus miembros, fama igualmente apreciada entre los miembros de la comunidad internacional de la época. Pero nos atrevemos a conjeturar que la Élite no llevó a cabo una lectura de primera mano de Lorentz o si leyeron las publicaciones originales de este, no captaron lo esencial de la teoría que permanece entre líneas. Lo mismo afirmaríamos, *mutatis mutandis*, para el caso de Poincaré y de Einstein, en el caso, muy improbable, que hayan leído las publicaciones originales de ellos. No se han encontrado trazas de esa literatura en el país. Hacia 1920,

en Colombia “no se conocía todavía el cuerpo de la doctrina de los einsteinianos”, afirmaba Darío Rozo Martínez, [Roza Martínez, 1923, 1953].

4) Las concepciones prerrelativista no banales, a las cuales nos referimos, son las críticas fundamentadas y dirigidas contra los absolutos y a las leyes (o principios, o definiciones) newtonianos, y a las acciones a distancia instantáneas. Estos reparos tuvieron una conocida alta difusión. La Élite leyó y discutió la obra filosófica de Poincaré “*La ciencia y la hipótesis*”, [Poincaré, 1902a]. Allí se exponía, entre otras cosas, un conjunto de reflexiones sobre la “crisis” de la física y los cambios necesarios que debían realizarse con el fin de construir un edificio coherente y autoconsistente. Asimismo, se discutió el estatus del origen empírico, apriorista o convencionalista de la geometría; su modalidad comodista de aplicación, y su sanción experimental en cuanto a la preferencia de un género de geometría dentro de su pluralidad.

86 La inquietud de Poincaré por la crisis que vio venir, [Poincaré, 1900a, 1900b, 1904], se fundamentaba en la violación de principios fundamentales, ya reconocidos, sobre los cuales debía edificarse la física y sus teorías: el principio de conservación de la energía (violado por la observación de la radioactividad); la conservación de la masa (por las experiencias de Kaufmann); la relatividad clásica (por la experiencia negativa de Michelson); el principio de la igualdad de la acción y de la reacción (por el retroceso de las fuentes que emiten una radiación sin masa). Entre las ruinas, pensaba Poincaré, sólo quedaba en pie el principio de la mínima acción. Si violación aparente había, entonces, tenía que ser explicado. La crisis por la que atravesó la física no fue apreciada en su justa medida por la Élite en un dominio relativamente nuevo (el electromagnetismo), donde los aportes de la mecánica clásica se habían agotado.

Entre 1818 y 1904 ya se habían amontonado indicios multiformes que abogaban por un examen crítico del formalismo clásico y señalaban posibles cambios necesarios. También, entre 1895 y 1905, se habían acumulado todos los elementos indispensables, tanto conceptuales, como hipotéticos, teóricos y experimentales, para armar una teoría enteramente nueva y coherente que explicara y unificara todos los fenómenos ópticos y electrodinámicos de los cuerpos móviles; además, de ofrecer una salida consistente a las disimetrías fenomenológicas y tener muy en cuenta los conceptos operacionales. En fin, se trataba de acercar e integrar la mecánica con la electrodinámica. Con relación a todo lo anterior se decía que las nuevas ideas estaban flotando en la atmósfera, y posteriormente se dijo que la mesiánica teoría estaba en el aire, [Paty, 1999].

5) No integrar la TRE –y, por supuesto, la TRG– dentro de la evolución histórica del pensamiento físico y no proyectar el principio de relatividad clásico o de Galileo a otros grupos de fenómenos no mecánicos representó un vacío en la continuidad en el quehacer científico. Los físicos se habían percatado, desde hace un siglo, y ahora lo están festejando y recordando, que la “realidad” física está dominada por la relatividad y la cuántica y paradójicamente todavía la inmensa mayoría de la gente mira y piensa el mundo con los ojos de Aristóteles y Newton. Círculo tortuoso difícil de comprender y extirpar aún en la mentalidad de los propios físicos.

Newton enuncia claramente el principio de relatividad, en sus **Principia**, [Newton, 1687], válido para los fenómenos mecánicos que describe con exactitud en los referenciales inerciales. Pero si por razones de simetría queremos que el principio sea universal, entonces, su extensión no era posible, para los otros fenómenos electromagnéticos y ópticos, a menos que se pagara un alto precio. Existían estorbos clásicos infranqueables. La Élite, que siempre amparó la mecánica newtoniana, preservó, como era de esperarse, la validez del principio de relatividad o principio del movimiento relativo únicamente en el dominio de la mecánica. Todo esto es coherente en ese dominio. Esta postura no les dio un margen de tolerancia suficiente, ni un ϵ de condescendencia, para la generalización del PR a todo el universo, porque tenían que sacrificar el espacio, el tiempo, la sincronización, la simultaneidad, el intervalo temporal, el intervalo espacial y la masa, que de categorías absolutas pasarían a ser atributos relativos al observador. En cuanto a la velocidad de la luz, desde tiempo atrás, se encontró que su valor coincidía con la relación constante entre las unidades electrostáticas y las unidades electromagnéticas. Este resultado estimuló fuertemente a Maxwell para identificar las ondas luminosas con las ondas electromagnéticas. De sus ecuaciones, también dedujo que la velocidad de la luz en el vacío era una constante, como ya lo señalamos.

Conjeturar que la velocidad de la luz es variable, porque se acomoda a la composición clásica de las velocidades, es desestimar el PL. Este, sobra recordarlo, se inspira en la experiencia, en las unidades eléctricas que ya mencionamos, y en el resultado de Maxwell. A esto agreguemos las consecuencias de impugnar la generalización del PR, por los escollos con que ella tropieza, a pesar de ser inferida de la experiencia y la observación. Entonces, si se refutan estos dos principios, base de la TRE, en la versión einsteiniana, en tal caso no se admite la TRE. De manera que a este nivel fundamental, la Élite se divorciaba totalmente de la posibilidad de una recepción de la TRE.

En la versión einsteiniana de la relatividad, el éter es considerado como algo “superfluo”. Esta elección tenía que causar perplejidad y desconcierto

en la Élite, como también acaeció en las comunidades de físicos. El enunciado del PL también agregó desavenencias e incertidumbres. Como ya vimos, su formulación y consecuencias trae muchas complicaciones “lógicas” a la TRE y una cantidad de inferencias galimáticas a las que debía enfrentarse la Élite. Einstein mismo detectó la incoherencia del PL con el PR. Poincaré no usa el PL para su versión de la relatividad, sino que deduce la constancia o invariancia luminosa del nuevo teorema relativista de la adición de velocidades aplicado a la luz; preservación de dicha velocidad que corrobora su resultado de la teoría de Maxwell ($\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$). Es más, Poincaré pone por convención y comodidad $c = 1$, como hoy se pone corrientemente en teoría de campos y partículas. Hoy se sabe que el PL no es esencial para las deducciones relativistas y las transformaciones de Lorentz no lo exigen para su demostración. La constante c aparece como una constante de estructura del espacio-tiempo. Estas consideraciones puede que hayan influenciado la actitud negativa de la Élite, porque se percibían como las partes sumergidas de un iceberg, otra forma de representarse los obstáculos físicos. En 1920, Jorge Álvarez Lleras se expresa de esta manera: “En la evolución que han efectuado los métodos de investigación positiva, durante el transcurso del siglo XIX, se ha venido abusando del llamado principio de relatividad, aplicando sin discernimiento a consideraciones complejas de filosofía”, [Álvarez Lleras, 1920].

Para la asimilación de los fundamentos de la teoría especial de la relatividad (en la versión de Poincaré y de Einstein) la Élite disponía de un nivel físico y matemático idóneo; a saber, el conocimiento de las ecuaciones de Maxwell, de las series de Taylor, de las funciones de funciones y de la reglas y fórmulas de la cadena en las derivadas parciales. En cambio, fue la aceptación de la parte esencial de la teoría —en lo que tiene que ver con: el aspecto cinemático, geométrico, cuadrimensional, de grupos de transformaciones y de invariantes— la que no se llevó a cabo, ya que chocaba con la no aceptación de las geometrías no euclidianas. Ahora bien, este aspecto geométrico pseudoeuclidiano, desarrollado primero por Poincaré, y después completado y extendido por Minkowski, colocaba a la relatividad como casi una rama de las matemáticas puras y aplicadas, una nueva geometría física. Finalmente, la teoría general de la relatividad no tenía posibilidad alguna de aceptación debido a su naturaleza abstracta y enteramente riemannizada, que exigía, además, sólidos conocimientos de geometría diferencial y de cálculo diferencial absoluto. No aceptaban que se llevase a cabo la deseudidianización y la desnewtonización de la gravitación en provecho exclusivo de una riemannización y una einsteinización.

En la publicación fundamental de Einstein, [Einstein, 1905a], se ocultó un error cuando él afirmó que usará la noción de cuerpo rígido en sus

deducciones. Ya se sabía que los cuerpos rígidos son una idealización y, según la misma TRE, su existencia iría en contra de la acción instantánea. Además, la distancia tridimensional no es un invariante relativista y no existe realmente, sería un absoluto, sólo existe en la idealización geométrica, y esta situación arruinaría enteramente toda la demostración de Einstein: “Yo me apoyo –escribe Einstein desde el comienzo– sobre el concepto de cuerpo rígido, esencial para construir mi razonamiento [...]. La teoría que vamos a exponer se basa como toda electrodinámica en la cinemática del cuerpo rígido”, [Einstein, 1905a]. Eso le fue criticado y él rectificó el yerro, pero eso no hizo dudar de lo correcto del PR, del PL y de las nuevas consecuencias. Además, la demostración de las TL no son transparentes, parecen forzadas y con conocimiento previo del resultado a que se quiere llegar. También hay puntos oscuros como esa frase sibilina donde Einstein, al referirse a las transformaciones de Lorentz y a su estructura de grupo, dice a este respecto de manera elíptica: “de allí vemos [que las TL] forman un grupo como debe ser”. Y eso no es ni evidente ni trivial. Además no saca conclusiones trascendentales. Poincaré sí lo demostró y dedica a ese grupo de Lie (grupo continuo o topológico, hoy llamado grupo de Poincaré), a sus generadores, sus invariantes y a las consecuencias tres páginas de cálculos de un virtuosismo ejemplar.

89

Estos detalles del artículo original de Einstein no repercutieron en la exactitud de la teoría ni en actitudes de recusación por parte de la comunidad internacional, ni tampoco fue un argumento utilizado explícitamente por la Élite para rechazar la relatividad.

6) Considerar la vigencia de la mecánica newtoniana y de la óptica matemática para la solución de problemas donde estas no eran adecuadas era desconocer totalmente que existía la posibilidad de apelar a otra formulación teórica para tratar una categoría de fenómenos rebeldes al tratamiento clásico que ofrecían la mecánica y la óptica tradicionales. Para el tratamiento clásico de la aberración astronómica, en 1913, por ejemplo, Garavito (quien quería proveer una nueva explicación) se vio obligado a escoger la hipótesis de un éter arrastrado totalmente por los cuerpos móviles, [Garavito, 1912b, 1913, 1916a, 1920a, 1920b; Velásquez, 1933; Dirección (1a) (1937)].

Ahora bien, esta conjetura contravenía a la experiencia, como ya lo señalamos en (2). Esa conclusión fue derivada de la experiencia negativa de Michelson y Morley, con el fin de salvar la existencia del éter. Pero para esa época, pocos físicos hacían intervenir el éter en sus publicaciones científicas. Otra conjetura que se admitió fue la de afirmar que la velocidad de la luz se adicionaba (al cambiar de referenciales), con la velocidad de la

Tierra, conforme a la cinemática clásica. Esta hipótesis también fue contradicha por la experiencia, como ya lo hemos dicho. Esta conjetura y la anterior no eran, pues, viables para resolver el problema de la aberración astronómica. Repetimos que ese problema ya había sido resuelto de manera satisfactoria por Einstein, [Einstein, 1905a], con un grado de aceptación, exactitud y justificación expresado por una serie de potencias en β , lo cual era el deseo de Garavito. La solución de Einstein consistió en aplicar el hecho de que la dirección no es un absoluto y depende del movimiento; es decir, que la noción de ángulo pierde el carácter absoluto que tenía en la geometría y cinemática prerrelativista.

También acometió Garavito la elaboración de una teoría de medios refringentes móviles dentro de un marco puramente clásico, sin tener en cuenta la prometedora y moderna teoría electromagnética de los fenómenos luminosos de Lorentz, como tampoco la versión relativista de Einstein, de Minkowski y de Laub. Estas últimas teorías eran exactas y satisfactorias tanto teórica como empíricamente. La tentativa de Garavito fracasó.

90 El segundo problema tratado clásicamente por Garavito fue sobre la dinámica del electrón, [Garavito, 1912a]. Se trata de la masa inercial variable con la velocidad que exhiben los electrones altamente veloces. La demostración teórica había sido dada por Lorentz, en 1904, y definitivamente establecido por Einstein en 1905. Al principio hubo una confusión en los resultados experimentales que debían corroborar ese hecho, lo cual fue debidamente aclarado y establecido sin la menor duda. Garavito se empeñó en reinterpretar el resultado empírico con el fin de salvaguardar la constancia de la masa inercial, pero sin éxito alguno. Este nuevo fenómeno era un hecho típicamente relativista y, por consiguiente, los métodos clásicos implementados para explicarlo estaban condenados al fracaso, como efectivamente sucedió.

7) La exclusión de por sí de las geometrías no euclidianas, llevada a cabo por la Élite, por tratarse de artilugios caducos, artificiales e inútiles, y sus efectos adversos en el campo, no sólo de la matemática ya consolidada, sino en el campo emergente de la física, ya fueron considerados en la sección que trata de las barreras geométricas. Sólo resta añadir que representó un contratiempo para la asimilación de la nueva visión de la física tendiente hacia una geometrización totalitaria, que todavía hoy continúa con más vigor que antes.

La relativización del espaciotiempo, como *continuum* pasivo destinado a coordinar la cinemática de los fenómenos, fue empujada hasta sus últimas consecuencias por el propio Einstein, al considerar que las coordenadas no gozaban de una interpretación métrica inmediata, de un significado físico

consecutivo. Así dio por terminado el privilegio del movimiento inercial y de las coordenadas con un sentido físico directo. Este paso le permitió (desde luego, auxiliado por la posesión de la TRE en su formulación cuatridimensional local) dar el salto definitivo para establecer la nueva ley relativista de la gravitación universal, que contiene como caso particular a la ley de Newton. La propiedad de la no percepción física directa de las coordenadas – equivalente a la concepción de la covariancia general de las ecuaciones de la física con respecto a cualquier transformación generalizada de coordenadas– al ser rehusada por nuestra Élite tuvo por corolario el que esta segunda generalización del principio de relatividad y la gravitación relativista fuesen ignoradas unilateralmente en provecho de la sola gravitación newtoniana. En esta nueva objeción se reiteró el mismo mecanismo de rechazo de la TRE, la cual no se aceptó, en parte, por no admitirse la generalización especial o restringida del PR de Galileo, ya que eso atentaba contra la integridad de la mecánica newtoniana y de la geometría euclidiana. En el caso de la TRG, esta se recusó porque la supergeneralización del PR (covariancia general) ponía en entredicho la gravitación newtoniana. Esta faceta general de la teoría de la relatividad, referente a su recepción, no la hemos profundizado en esta exposición, queda como un tema abierto. El hecho de que en este trabajo privilegiemos la TRE en detrimento de la TRG se debe, como ya lo expresamos, a que aquella es la parte más importante para entender el proceso de aculturación que aquí estudiamos. Paradójicamente, la TRG es menos general ya que desemboca sólo en una teoría específica de la gravitación. En todo caso, se trataba por parte de la Élite de preservar la mecánica de Newton y su ley de la gravitación universal. La componente geométrica de la trilogía de obstáculos estuvo de nuevo de por medio.

91

8) La conservación de la noción de éter tampoco favoreció la recepción de la TRE. Mantener el concepto de éter acarreaba múltiples inconvenientes. Einstein no lo elimina completamente, sino que lo considera superfluo para sus propósitos. Y le sobran razones para eso, ya que unido al concepto de espacio no hace sino revivir el demonio de ciertos absolutos que sí había que eliminar. La naturaleza del espacio absoluto coadyuvó no menos al obstáculo físico, como ya lo hemos señalado. El espacio y el tiempo gozaron de atributos ontológicos irrealistas como sucedió con el éter. Luego se pasó a considerar que éter y espacio absoluto eran la misma cosa. El espacio absoluto se inventó por una necesidad racional, pero no tenía conexión real con los hechos ni los influenciaba, y recíprocamente. No había contraparte entre el éter y el espacio absoluto con los hechos; es más, la identificación de ellos agravaba el malestar. El éter contribuyó no menos al

obstáculo físico. Es el *ether*, por antonomasia: invisible, indetectable, imponderable, inmóvil, imperceptible, inflexible y no inelástico. El éter era la negación del ser, la nada. Es decir, que efectivamente la luz, como realmente sucede, se mueve con respecto a la nada, su movimiento es absoluto. La última propiedad etérea era la negación de una negación, era el único y último atributo positivo que poseía. Todas sus propiedades eran negativas. El concepto de éter se inventó para no poder detectarse experimental y directamente. La única función decorativa que quedó al éter fue la de servir de sujeto al verbo ondular, como un físico lo afirmó líricamente, a finales del siglo XIX.

92 Poincaré abordó el rompecabezas electrodinámico con una metodología propia de su formación de físico matemático. Él era escéptico hacia el éter, a pesar de que lo mencionó hasta su muerte, en 1912, [Poincaré, 1912b]; lo tomaba como una convención. Estaba convencido de la indetectabilidad del movimiento absoluto de la Tierra con relación al éter, en cualquier orden de β , por consiguiente de la validez del PR; y, por último, estaba asimismo firmemente convencido de la importancia de los principios de la mecánica y de la termodinámica (motivo de su conferencia de 1904 en Estados Unidos, [Poincaré, 1904]). Otro que creía firmemente, por la misma época, en el principio de relatividad fue Bucherer, como fundamento teórico inevitable; y miraba al éter como un andamiaje útil y al final desechable y eliminable

Desde el principio, el éter fue un concepto indefinible, infiltrante e inefable, que aunque gozaba de muchas taras era un mal necesario, y era aceptado por la totalidad de los físicos. De él se exhibieron numerosos modelos mecánicos (tan complejos como el rodaje de una factoría) y elaboraciones teóricas muy refinadas; pero, aún así, muy disociado de la materia seguía siendo un estorbo aceptable y útil, [Faría, 1954b, p. 13]. La aceptación sí reforzó positivamente los argumentos de la Élite para controvertir y cuestionar la TRE. La perseverancia en conservar al éter volvió la situación más oscura y la crisis lejos de una solución apropiada y esto contribuyó notablemente a no facilitar la aceptación de la TRE

9) Ignorar el aspecto de las verificaciones experimentales fue otro estorbo en la evaluación de la TRE y la TRG. Las verificaciones experimentales de la TRE era el conjunto de todas las observaciones y experiencias acumuladas, que precedieron y engendraron al PR y al PL. Existía otro grupo de nuevos experimentos propuestos para detectar la contracción de las longitudes, el efecto Doppler transversal y la masa variable del electrón. Es justo recordar, que a pesar del impacto del eclipse de 1919 como verificación de la TRG y concreción definitiva de la TRE, la primera fue ocultada por la teoría cuántica, pero la segunda reforzada por esta última.

Las pocas verificaciones experimentales de la TRG, aparte de su adopción como base teórica de la cosmología moderna, las dificultades en la manipulación de su maquinaria matemática y su fracaso en la unificación, hizo que la gran mayoría de físicos se volcaran hacia la física cuántica y la teoría de partículas. Hoy la situación ha cambiado y la TRG ha vuelto a la escena.

La estructuración epistemológica del pensamiento de la Élite –de la cual ya nos hemos ocupado– jugó un papel esencial y definitivo en el modo de pensar la matemática y su creatividad concomitante; lo mismo se podría afirmar de la física. La Élite capituló ante la legitimidad lógico-deductiva de la geometría no euclidiana y de la física no newtoniana. También claudicó frente a la utilidad de las geometrías no euclidianas en la TRG.

El análisis que hemos hecho de algunas de las objeciones de orden físico, tendientes a preservar la física clásica y, a la vez, a controvertir y a recusar la física relativista, muestra que en la elección de los modelos y la aceptación de ciertas conjeturas no se fue afortunado. Ciertamente, aquí hubo, además, causales, –ya hemos hablado de los factores externos o exógenos a la física en tanto que ciencia autónoma–, que tienen que ver con una información deficiente y con una falta de discusión pertinente; y, a la vez, con factores endógenos representados por interpretaciones infortunadas y por la selección de problemas de investigación que creían solubles clásicamente, cuando en realidad ya ellos habían sido resueltos satisfactoriamente como simples consecuencias de la cinemática y de la dinámica relativista. Los obstáculos físicos no fueron aislados frente a los anteriores, sino que fueron tributarios, en particular, de las barreras geométricas, de los atavismos ontológicos y, aún, de obstáculos psicológicos persistentes. Estos obstáculos físicos no hicieron sino retrasar y diferir la recepción positiva de una de las componentes mayores de la física moderna en Colombia.

93

8. La paulatina difusión de la relatividad en Colombia

El análisis de los obstáculos precedentes nos da una idea del camino tortuoso que tuvimos que emprender y las barreras que fue preciso afrontar, vadear, o contornear (la “metis” de los griegos) para comprender y asimilar cabalmente la teoría de la relatividad e iniciar su difusión. Resumamos ahora el paulatino y tardío proceso que constituyó la dinámica de la recepción y asimilación de la TRE, en un medio donde no existían departamentos de física (hasta los años sesenta) y aún menos la profesión de físico. Esta sección merece un estudio más detenido, aquí solamente señalamos algunos hitos.

En 1923, tres años después de la muerte de Garavito, se publicó en Colombia el primer artículo de difusión de la TRE. Su autor fue el ingeniero

Darío Rozo Martínez, [Rozo Martínez, 1923]. Es un artículo de síntesis, inspirado en los libros de divulgación de alto nivel de Arthur S. Eddington, [Eddington, 1920], y de Erwin Freundlich, [Freundlich, 1922], los cuales cita. En su exposición trata la parte cinemática, el espaciotiempo y algo de dinámica (masa y energía); presenta un esbozo de la TRG. No trata la parte electrodinámica ni la óptica relativistas. Dedicó una parte a algunas aplicaciones de la óptica clásica, que ya Garavito había trabajado y publicado, cuya referencia da, [Garavito, 1912b, 1913, 1916a]; el objetivo era justificar los razonamientos de aquel.

Con la publicación de Rozo Martínez se inicia la defensa y paulatina difusión de la relatividad y sus problemas conexos, siempre en un entorno que no era el de la enseñanza universitaria ni de exigencias investigativas. Al principio, la aceptación contó con pocos entusiastas y no menos numerosos adversarios. Al artículo de Rozo siguió otro, también de síntesis de la TRE, en 1946, de A. J. Angel, [Angel, 1946]. En las dos publicaciones citadas se exponen, con rigor y claridad, algunas partes esenciales de la TRE; no se va más allá de la cinemática: no trata la dinámica, ni la electrodinámica, ni la óptica. Entre esas dos publicaciones y después, hubo numerosas divulgaciones y debates en otras revistas universitarias y de la Sociedad de Ingenieros, [Vallejo, 1934a, 1934b; Einstein, 1935; Cabe, 1936; Campillo, 1936; L. A. B., 1939; Argensola, 1953; Prada, 1959; Poveda Ramos, 1961], entre ellas la traducción de un best-seller de Einstein, de 1917, [Einstein, 1917], publicado por entregas, en 1928.

La posición oficial de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Colombia (fundada en 1936) fue antirrelativista por mucho tiempo, [Álvarez Lleras y Borda Tanco, 1937; Álvarez Lleras, 1937, 1938; Einstein, 1946; Sáenz, 1941], con la honrosa excepción de unos pocos, [Rozo Martínez, 1923, 1938, 1953, 1954a, 1954b, 1956, 1961; Noguera, 1935; Ruiz, 1960; Brieva, 1974]. La Academia vino a reconocer oficialmente su errónea posición oficial en 1979, con motivo del festejo planetario del centenario del nacimiento de Einstein. En esa ocasión se pronunciaron conferencias en su recinto y se publicaron síntesis sobre aspectos relativistas, [Arias de Greiff, 1981; Campos, 1981; Isaza Bernal, 1979].

9. Conclusiones

Después del éxito reduccionista y explicativo promovido por la mecánica newtoniana (y la mecánica estadística boltzmanniana) para una amplia categoría de fenómenos físicos, se abrió otro vasto campo en la física: la electrodinámica maxwelliana, tendiente a reducir y explicar el resto de los fenómenos conocidos y emergentes de origen eléctrico, magnético y óptico. Ese proyecto de maxwellización fue adelantado, primero por Hertz, luego

retomado, dentro de un programa sistemático, por Lorentz quien presentó el mejor marco teórico orientado a integrar el atomismo de la electricidad y el mecanicismo dentro de la electrodinámica. Lorentz y Poincaré, principalmente, se dedicaron a remodelar y perfeccionar la nueva teoría, no solamente desde el punto de vista estético, lógico y riguroso (físico-matemático), sino para que fuese una teoría compatible con el conjunto de los fenómenos.

Los principales puntos conflictivos (“la crisis”, “la bancarrota” de la física) que se encontraron fueron numerosos: el estatus del concepto de éter en relación con sus atributos ontológicos, estructurales y mecánicos; la consistencia del espacio y el tiempo como absolutos newtonianos; el significado físico del movimiento absoluto y relativo; la validez de la relatividad galileana y su extensión; la covariancia de la mecánica newtoniana y de la electrodinámica maxwelliana; la invariancia de la velocidad de la luz; la existencia de multiformes asimetrías –por ejemplo, teóricas sin contrapartes físicas (la dínamo) y empíricas (el paradigmático experimento de Fizeau y el paradójico experimento de Michelson-Morley–; y, finalmente, deficiencias epistemológicas (hipótesis ad hoc, principios, incoherencias e incompatibilidades). Dentro de esta problemática, se pensó en temperar el reduccionismo puramente mecanicista y se optó por un reduccionismo opto-electromagnético: una nueva visión electromagnética del mundo. Vale decir, desnewtonizar en provecho de maxwellizar.

95

La solución definitiva, del problema de la óptica y la electrodinámica de los cuerpos y medios móviles, llegó, a principios del siglo XX, de manos de Poincaré (convencionalista y algo fenomenologista) y de Einstein (ecléctico y principialista). Sobre todo de este último, con una nueva teoría exenta de éter, basada en los principios de un relativismo totalitario inercial (PR) y un absolutismo luminoso (PL), y en la relativización del espacio y del tiempo.

Uno de los propósitos de la teoría de la relatividad, tanto especial como general, era el de dar crédito a todos los observadores inerciales (y más tarde a los no inerciales) y llegar a un acuerdo frente a los diferentes resultados de sus observaciones, en la descripción de un mismo fenómeno, la armonía se lograría con la ayuda de transformaciones específicas. De esta manera se llega a la elaboración de leyes físicas válidas para todos. De un relativismo observacional se llega a un absolutismo físico. El relativismo científico se impone a expensas del relativismo filosófico.

La problemática pre-relativista y post-relativista tuvo su natural resonancia en la Élite colombiana. El análisis del debate debe necesariamente tener en cuenta el grado de desarrollo institucional del país, los nexos foráneos, el fácil acceso a la literatura científica de vanguardia y el entorno académico. Como el debate toca varias componentes del conocimiento –filosófico,

matemático y físico— esto nos ha orientado para poder identificar varios obstáculos que hay que tener en cuenta en la explicación de la recepción antagónica e impugnativa que se dio a la relatividad antes de 1923, como después hasta los años 60. El primer periodo fue el más negativo. En el segundo periodo se publicaron alrededor de tres artículos de difusión y algunas aplicaciones. La apropiación y difusión definitiva se llevó a cabo a partir de la autonomización, departamentalización y profesionalización de la física en el país, cambios que se realizaron en la década de 1960.

Los obstáculos iniciales contra la comprensión y asimilación de la TRE provenían, en parte, de la novedad metodológica contenida en los artículos fundacionales, de los cambios exigidos a nuestra manera de pensar y que no todos estaban listos a aceptar; y de la misma sencillez y claridad de la solución propuesta. Inicialmente, sólo un puñado de físicos europeos la aceptaron con entusiasmo.

Los obstáculos filosóficos deben mucho a una enseñanza oficial, clerical, y militante que brindaba un apoyo omnímodo a una sólo corriente del pensamiento filosófico y a un tipo específico de creencia religiosa que subordinó la filosofía y las políticas académicas. Esto, en el terreno de la cogitación, de la reflexión y de la controversia filosófica, entorpeció la libre especulación, dificultó la crítica acertada, e interfirió con el análisis reposado sin temores de señalamientos públicos o persecución disimulada. En Colombia, y por mucho tiempo, del auténtico Filosofar no se conoció, ni sus conjugaciones, ni sus declinaciones. La filosofía era la sirvienta de las creencias religiosas y de la teología. El teologismo y la teocracia atribuyó a los descubrimientos e invenciones de Newton la función de glorificar al Creador. Así nos sentiríamos más humildes y maravillados ante la Creación, como dentro de una catedral gótica. Estos argumentos de tipo deístas fueron usados por Mutis en nuestra pasajera ilustración científica (finales del siglo XVIII) con el fin de justificar la enseñanza y difusión del newtonianismo. Es relevante notar, que a pesar de lo anterior, hemos identificado algunos trazas eclécticas de criticismo kantiano y positivismo comtiano en algunos escritos de la Élite.

La barrera filosófica fue una tara hereditaria del escolasticismo colonial. Con sobrada razón se ha afirmado que nuestra verdadera Ilustración tardía se vivió en el siglo XIX; que el periodo neotomista que acaudilló Carrasquilla correspondió a una típica anti-ilustración. Otros califican nuestra situación de “anormalidad filosófica” heredada de la “anormalidad histórica” y concluyen que en cuatro siglos no hemos inspirado una filosofía, ni creado una teoría, ni realizado un experimento fundamental, ni descubierto algo excepcional en el terreno de física; que sólo hemos vivido de prestado.

La física utiliza los conceptos de espacio, tiempo y materia (substancia), los cuales también son estudiados por la metafísica, en esta aquéllos aparecen como

categorías o predicables universales. Ese conocimiento especulativo de la metafísica no debe tener prioridad sobre el conocimiento positivo de la física.

La epistemología es la interfaz entre la filosofía y la ciencia. Por eso existió una repercusión de las orientaciones epistemológicas de la Élite en la recepción de las geometrías y de las físicas. La previa orientación ontológica y las escogencias epistemológicas en la intelección de lo que debía ser la ciencia, por un lado, y la explicación y descripción teóricas de los fenómenos físicos, por el otro, impidieron a la Élite disponer de la apertura de espíritu necesaria para una recepción neutra y objetiva de otras posibilidades filosóficas y teoréticas del momento; asimismo, para poder operar una saludable ruptura con una tradición anquilosante. El retórico supuesto pánico de bancarrota de la ciencia no hizo sino avivar, en la Élite, un cierto pesimismo, desconfianza e incertidumbre en los recursos teoréticos de la física.

Nunca habrá una teoría definitiva, verdadera y perenne, habrá siempre teorías más exactas y más correctas que otras, ya que el universo no se ha agotado, somos nosotros los que podemos sentirnos extenuados, limitados. La teoría definitiva es un límite matemático, un punto de acumulación, un sistema asintótico hacia el cual tiende nuestra facultad cognoscitiva e intelectual. No se discutió ampliamente ni se tuvo en cuenta el hecho de que la ciencia y la teoría son construcciones de las facultades cognoscitivas e intelectivas, sujetas a presupuestos, convenciones, comodidades, interinidad, falibilidad, inventiva y a un perfeccionamiento evolutivo con perseverancia. En una palabra, la física es un producto humano del momento. Fue muy arduo para nosotros concebir y aceptar desaristotelizar la filosofía y deseucledianizar la geometría, como también desnewtonizar la física.

Los obstáculos matemáticos se generaron debido a una concepción restrictiva, conservadora, excluyente y unilateral que se tenía de la geometría: sólo se consideraba legítima, lícita, real y útil a la geometría de tipo euclidiana. Las geometrías no euclidianas o las geometrías kleinianas quedaban excluidas por ser simples artificios e inútiles. La física relativista, que es por antonomasia una genuina geometría, venía a ser, frente a esa estrecha concepción euclidianista de la Élite, un simple artilugio. La Élite disponía perfectamente del análisis matemático suficiente para comprender y asimilar la teoría de la relatividad especial; aunque dudamos que fuera el caso para la relatividad general que exigía conocimientos de geometría riemanniana, geometría diferencial y cálculo diferencial absoluto. La postura epistémica de la Élite no favoreció la aceptación de las geometrías no euclidianas y de las físicas no newtonianas. La génesis física de la geometría euclidiana fue unilateral y el corolario directo fue la no no-euclidianidad. ¿Qué decir de una física no newtoniana que descansa sobre unas geometrías no euclidianas? ¿Cómo justipreciar los trabajos de Riemann, de Minkowski y de Klein?

Los obstáculos de orden epistemológico y matemático fueron secundados por un tercer estorbo: Un obstáculo de naturaleza puramente físico. Los tres obstáculos arruinaron, durante casi dos décadas, la normal aceptación de la física teórica moderna, sobre todo, de la componente constituida por la física relativista.

Los obstáculos físicos se originaron por la severa y rígida posición pro newtoniana, que no otorgó margen de tolerancia alguno para explorar otras posibilidades y alternativas en la construcción de nuevas teorías necesarias y apremiantes. La actitud de la Élite fue puramente conservadora en la crítica de las nuevas concepciones y dogmática en los análisis y evaluaciones pertinentes. Profesaba una simple descripción intuitiva, mecanicista clásica y totalitaria del mundo. Su marco reflexivo era demasiado decimonónico. En el caso de la óptica, optaron por un éter totalmente arrastrado por los móviles, lo cual contravenía la observación. Este marco, sin duda alguna, no ofrecía cabida ni garantía para la teoría de la relatividad especial y, menos aún, para la general. Esta positura alienó y arruinó irremediabilmente la posibilidad de justipreciar cabalmente la estructura lógico-matemática, el *modus operandi* físico y la corroboración experimental propios de las teorías de la relatividad. En los problemas que la Élite trabajó –sobre el movimiento relativo y la dinámica de los electrones, que eran desde luego eminentemente relativistas– se persistió en buscarles una solución puramente clásica y etérea, cuando hacía más de un lustro que la relatividad los había resuelto satisfactoriamente.

La “dinámica(del)electrón” de Poincaré y “electro(n)dinámica” de Einstein son aportes cercanos que convergen hacia el mismo objetivo, aunque con estilos diferentes y desde perspectivas diversas. Einstein presentó estas ideas relativistas como un *corpus* sistemático bajo el aspecto de una auténtica teoría axiomática y no fenomenológica. Estos dos autores han podido motivar nuestra Élite. Si no se aceptaba la versión de la relatividad de Einstein, de 1905 –que es más radical y general, omite el éter y cambia toda la cinemática–, ha podido, sin embargo, aceptarse la versión de Poincaré –que es menos radical, conserva el éter, es proclive a salvar a la mecánica clásica, y se refugia en el electrón y su electrodinámica–, quién, además, ejercía una gran influencia en nuestra Élite. Por lo demás, ambas versiones son complementarias y convergentes. Ni siquiera la versión prerrelativista e incompleta de Lorentz, de 1904, se aceptó, ya que la existencia del electrón era puesta en duda, o se desconfiaba de él, en nombre de una supuesta impotencia kantiana y de cierto positivismo comtiano de no poder conocerse la esencia íntima de los fenómenos. Los dos principios de la TRE, (el PR y el PL) se objetaron porque dejaban la vía libre para la penetración de conceptos relativos tales como el espacio, el tiempo, la simultaneidad, la

sincronicidad, el intervalo temporal y la masa (más tarde se agregó la no euclidianidad), y todo eso iba en contravía de la mentalidad o cultura clasicista. Algo parecido sucedió para objetar la TRG.

La actitud negativa ante las geometrías deseudlianizadas y ante las concepciones relativistas inauguró un periodo de ciencia conservadora y autárquica. Álvarez Lleras estuvo convencido de que la labor de Garavito (que alguien llamó irresponsablemente “el Euclides americano”) fue útil y contribuyó grandemente para confundir los “innovadores” (léase relativistas) “que han querido enturbiar las aguas clarísimas de la sana filosofía y de las ciencias positivas agitando viejas cuestiones, presentadas a título de mera curiosidad y como juegos del espíritu por los investigadores de otros tiempos. Ciertamente del concepto newtoniano del tiempo y del espacio no se puede salir sin encontrarnos fuera de aquel círculo de certeza que encierra dentro de sí los fundamentos del conocimiento y los métodos que el entendimiento sigue para hallar por medio de juicios sintéticos una comprobación en la propia experiencia”. Más adelante afirma que Garavito “creyó en lo absoluto del Espacio y del Tiempo; [...] y realizó siempre el valor que algunos han querido dar a las formas abstractas de Kant y al principio recientemente remozado de la relatividad. Por tanto, la labor filosófica de Garavito es conservadora”, [Álvarez Lleras, 1920]. Efectivamente, el PR había sido remozado o más bien generalizado dos veces: primero con la TRE y luego con la TRG; y tanto Garavito como Álvarez abogaban por dejarlo intacto en su forma original como lo enunció Galileo. Aquí también se ilustran bien los matices kantianos y comtianos del eclecticismo que profesó la Élite, a los cuales nos hemos referido de manera sibilina.

99

En 1923, el ingeniero Darío Rozo Martínez publicó en Colombia el primer artículo donde se expone una síntesis de la TRE y esboza la TRG. A partir de esa fecha se inicia la defensa y la paulatina difusión de la relatividad. La aceptación contó con numerosos adversarios. Le siguió otro artículo de síntesis de la TRE, en 1946, de A. J. Angel. En las dos publicaciones citadas se exponen, con rigor y claridad, las partes esenciales de la TRE; no se rebasa la cinemática, ni se aborda la óptica ni la electrodinámica. Hubo otras divulgaciones (instrumentalizaciones matemáticas, comentarios y discusiones), entre ellas la traducción de un best-seller de Einstein, de 1917, publicado por entregas, en 1928.

Podemos concluir dentro de la conclusión que, sobre las preferencias epistemológicas, la Élite se inclinó por:

- 1) Privilegiar una representación muy intuitiva y en términos sensibles, muy cercana al sentido común ordinario. Eso era muy corriente en la época.
- 2) Favorecer una marcada desconfianza hacia los postulados, las hipótesis y las teorías innovadoras que riñesen con el *corpus* clásico.

3) Legitimar la existencia de ciertos entes de razón, que tenían una débil contraparte empírica, frente a otros entes teóricos más viables y fecundos.

4) Considerar, en nombre de una epistemología muy tradicional, la geometría euclidiana sin rivales, la mecánica newtoniana insuperable y la gravitación newtoniana imponderable.

5) Dar por definitivos, inmutables e inmejorables a los modelos explicativos que se habían elaborado, en un momento histórico determinado, ampliamente tributarios de los progresos experimentales, técnicos y teóricos vigentes.

Las conclusiones en el dominio de la física y de la geometría podemos resumirlas así:

1) Defender algunos conceptos básicos (como por ejemplo, algunos absolutos newtonianos, el éter, la constancia de la masa inercial y la euclidianidad del espacio) en contravía de los resultados experimentales.

2) Minimizar el comportamiento molecular y electrónico de la materia. Este no mereció una atención especial, ya que sólo se atenían al epifenómeno.

3) Elegir la geometría euclidiana como única posibilidad concreta, cuando era plausible que las condiciones físicas impusieran otro tipo de geometría pertinente y adaptada a la descripción de los fenómenos nuevos o ya conocidos. También miraron la mecánica newtoniana como una necesidad ontológica única.

4) Pasar por alto al nuevo concepto no mecánico de campo electromagnético.

5) Considerar toda la física relativista como no viable.

Nuestro objetivo ha sido comprender y explicar el tipo de receptación que aquí se dio a una parte de la física moderna. A partir del análisis y crítica del tríptico de obstáculos (filosóficos, matemáticos y físicos), evaluamos el impacto en nuestras ideas relativas a una física acabada, clásica e inmutable –como ya lo era la filosofía perenne, que desde el siglo XIII el Doctor Angélico elaboró al cristianizar las ideas del Filósofo Estagirita–. Lo anterior contrasta con una ciencia cuyo “ethos”, por antonomasia, es el de ser evolucionista, perfeccionista, verificable y falible.

La formación neoescolástica oficial, clerical, obligatoria y militante en la enseñanza de la filosofía en Colombia determinó un molde o matriz de pensamiento extracientífico al cual debía subordinarse todo tipo de saber, incluido el físico. La enseñanza de una filosofía más abierta, más tolerante, más crítica y laica habría plausiblemente ejercido menos censura intelectual en algunos de los pensadores más notorios de la Élite y en nosotros mismos. Mientras en la física relativista los sistemas pierden la memoria del movimiento uniforme, uno sí conserva la memoria de la enseñanza recibida, de los prejuicios y de las orientaciones filosóficas.

La difusión de la física en Colombia, especialmente en lo que concierne a las teorías de la relatividad, es una larga historia de barreras y, sobre todo, de los obstáculos hereditarios coloniales que van a sucederse de manera recurrente, bajo formas diferentes, a todo lo largo de los anales. La implantación definitiva de la relatividad en Colombia pasó por tres estadios: la desaristotelización de la filosofía y de la física, la deseucledianización de la geometría y la desnewtonización de la física. Tarea ardua para la Élite.

La deseucledianización de la geometría y la desnewtonización de la física arruinaron momentáneamente las perspectivas de una correcta evaluación de las soluciones de los problemas de la geometría y de la física y de una crítica aceptación de la nueva física.

La posición oficial de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Colombia consistió en una oposición sistemática a la teoría de la relatividad (especial y general). Esa posición antirrelativista fue asumida por su presidente Jorge Álvarez Lleras, y duró casi dos décadas después de su fundación en 1936. Hay que señalar, no obstante, que contó con la honrosa excepción de unos pocos miembros y con colaboradores, que a través de su revista difundieron la TRE. La institución vino a reconocer oficialmente su error en 1979, con motivo del festejo planetario del centenario del nacimiento de Einstein.

Históricamente hablando, la Élite contaba con cuatro vías originales, o versiones, de acceso a la teoría de la relatividad especial: A través de Lorentz, de Poincaré, de Einstein y de Minkowski. Cada uno de ellos trabajó la relatividad con su estilo propio y sus métodos e instrumentos personales; la actitud de aparente independencia y multiformidad entre ellos era, en realidad, un conjunto de interpretaciones convergentes y unitarias. Nos preguntamos: ¿Por qué no se exploraron objetiva y metódicamente esas vías? Para intentar una posible respuesta hay que tener en cuenta los factores que hemos llamado obstáculos: institucionales (materiales y de desarrollo), filosóficos, matemáticos y físicos.

Concluimos que existían numerosos y diferentes elementos en juego en la relatividad –a manera de nuevas categorías: universalidad, simetría, estética, modalidad principal (axiomática), continuidad maxwelliana, grupos de transformaciones, geometría, unificación, y completez teórica y empírica– agrupados en los seis obstáculos anteriores. Dichas categorías han podido inducir al físico o al ingeniero a evaluar objetivamente la relatividad, a reconocer sus nexos con la realidad experimental y, aunque no a persuadirlo hacia una apropiación inmediata y completa, sí hacia una aceptación crítica positiva.

Los modestos trabajos que se publicaron aquí, en esa época, –que tenían nexos con la problemática relativista– le dieron la espalda a la relatividad,

cuando justamente, ésta era la clave para resolverlos, como efectivamente sucedió. Las contribuciones fueron más para criticarla y demolerla que para estudiarla, profundizarla y aplicarla. Esto no significa que a los autores –una Élite valiosa– se les señale culposamente por sus objeciones, omisiones o críticas antirrelativistas (perfectamente auténticas, permisibles y lícitas), las cuales no consideramos como censuras sino, más bien, como examen y juicio crítico (propios del oficio). Todos tenemos igual derecho tanto a asentir como a disentir, a aceptar como a rechazar. Al fin de cuentas, las dificultades en la asimilación y aceptación de la teoría de la relatividad provienen globalmente, por un lado, de ella misma, de factores internos: de su novedosa estructura física y matemática, de su propia lógica y de sus consecuencias epistemológicas y cosmológicas internas. Por otro lado, de factores externos: de previas opciones epistemológicas, de alternativas geométricas preferenciales, de la adopción de una lógica y metafísica tradicionales. Escogencias estas que chocaron con lo propio del *corpus* relativista.

Bibliografía

102

Abreviaciones:

Ann. der Phys.: Annalen der Physik.

Ana. Ing.: Anales de Ingeniería.

C. R. Acad. Sc. Paris: Comptes Rendus de l'Académie de Sciences de Paris.

(OCE): *Œuvres Choisies d'Einstein*.

(CPE): *Collected Papers of Albert Einstein*.

(OSE): *Opere scelte di Einstein*.

Phys. Zeits.: Physikalische Zeitschrift.

Proc. Roy. Acad. Amsterdam: Proceedings of Royal Academy of Amsterdam.

Rev. Acad. Col. de Cienc.: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales.

Versl. Kon. Akad. Wet. Amsterdam: Verslagen Koninklijke Akademie van Wetenschappen Amsterdam.

Álvarez Lleras, Jorge (1915): Importante informe relativo a varias labores científicas del doctor Julio Garavito. Ana. Ing. 23 (1915) 89. También en la Rev. Acad. Col. de Cienc. 1 (1936) 66.

Álvarez Lleras, Jorge (1920): Julio Garavito (Ensayo biográfico y literario). Ana. de Ing. 27 (1920) 362; Rev. Acad. Col. de Cienc. 2 (1938) 313.

Álvarez Lleras, Jorge (1925): La ciencia en bancarrota. Ana. Ing. 32 (1925) 645.

Álvarez Lleras, Jorge (1926): El doctor J. Garavito y las teorías eléctricas modernas. Crítica a la hipótesis de los electrones. Ana. Ing. 34 (1926) 230.

Álvarez Lleras, Jorge (1932): La crisis de la Física Moderna y nuestra crítica a la hipótesis de los electrones. Ana. Ing. 40 (1932) 481.

- Álvarez Lleras, Jorge (1937): El positivismo en la física moderna y la evolución de la ciencia. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 1 (1937) 314.
- Álvarez Lleras, Jorge y Borda Tanco, Alberto (1937): El centenario del Fundador del electromagnetismo y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 1 (1937) 188.
- Álvarez Lleras, Jorge (1938): Los fundamentos del electromagnetismo y las teorías eléctricas modernas. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 2 (1938) 104.
- Angel E., A. J. (1946): La teoría de la relatividad especial de A. Einstein. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 7 (1946) 178.
- Arboleda, Luis Carlos y Paty, Michel, editores (2004): *Formación de Cultura Científica en Colombia. Ensayos sobre Matemáticas y Física.* Artes Gráficas del Valle, Cali, 2004.
- Arciniegas, Germán (1921): Las geometrías no euclídeas y las objeciones de Garavito. *Revista de Universidad (Bogotá)* 2 N° 21 (1921). Revista dirigida por Germán Arciniegas.
- Argensola, L. L. (1953): El éter de los físicos. *Ana. Ing.* 57 (1953) 8.
- Arias de Greiff, Jorge (1981): Palabras del presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, doctor J. Arias de Greiff. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 15 (1981) 77.
- Aristóteles (1973): *Obras.* Aguilar, Madrid, 1973.
- Bateman, Alfredo (1962): 75 años de vida fecunda. *Ann. Ing.* 68 (1962) 12.
- Biezunski, Michel (1991): *Einstein à Paris.* Press Universitaires de Vincennes. Paris, 1991.
- Brian, Denis (1996): *Einstein a life.* John Wiley, New York, 1996.
- Boirac, Émile (1905): *Cours élémentaire de philosophie.* Félix Alcan, Paris, 1905.
- Bonola, Roberto (1906): *La Geometria non-Euclidea.* El original en italiano se tradujo al inglés en 1912, reeditado en 1955: *Non-Euclidean Geometry,* Dover, New York, 1955. Contiene la traducción de los originales de Nikolas Lobachevski: *Geometrical Researches on the Theory of Parallels,* 1829, 1840, 1891; y de János Bolyai: *The Science of Absolute Space,* 1832, 1896. Parece que también se tradujo al castellano.
- Brieva, Eduardo (1974): La métrica de los modelos uniformes en cosmología. *Boletín de Matemáticas,* 8 (1974) 154.
- Cabe, J. Mc. (1936): Einstein y la Relatividad. Traducción del inglés por B. S. R. *Dyna IV* (1936) 139.
- Campillo C., M. (1936): Esfuerzo y deformación. Estudio tensorial de la elasticidad de los cuerpos. *Ana. Ing.* 44 (1936) 435. Por primera vez se habla en Colombia de los tensores a través del producto diádico.
- Campos, Darío (1981): Albert Einstein: Algunos aspectos epistemológicos. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 15 (1981) 79.
- Caro, Miguel Antonio (1962): *Obras.* Tomo I, Instituto Caro y Cuervo, Bogotá, 1962.
- Cockroft, J. D. y Walton, E. T. S. (1932): I. Experiments with High Velocity Positive Ions. II. The Desintegration of Elements by High Velocity Protons. *Proceeding Royal Society of London,* A 137 (1932) 229.
- Darrigol, Olivier (2000): *Electrodynamics from Ampère to Einstein.* Oxford University Press, Oxford, 2000.

- Dirección (1a) (1937): Comentario referente al cuarto escrito de Garavito sobre Óptica matemática. *Rev. Adad. Col. de Cienc.* 1 (1937) 345.
- Eddington, Arthur (1920): *Space time and gravitation*. Cambridge University Press, Cambridge, 1920. Traducción española: *Espacio, tiempo, gravitación*. Calpe, Madrid, 1922. Traducción francesa: *Espace, Temps, Gravitation*. Hermann, Paris, 1923.
- Einstein, Albert (1905a): Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Ann. der Phys.* (4) 17 (1905) 891. Es su primer artículo sobre la relatividad, recibido en la editorial el 30 de junio de 1905, y publicado el 26 de septiembre de 1905. Traducción inglesa en [Einstein, 1913, 1923] y en [Kilmister, 1970]. Traducción española en [Einstein, 1950]. Traducción francesa por Maurice Solovine: *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*. Gauthier-Villars, París, 1925. Ver también *CPE*, *OSE* y *OCE*, [Einstein, 1987-2004a, 1987-2004b, 1988, 1989-1993].
- Einstein, Albert (1905b): Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Ann. der Phys.* 18 (1905) 639. Traducido al francés en 1925. Traducción al español en [Einstein, 1950]. También al inglés, italiano y francés en *CPE*, *OSE*, *OCE* [Einstein, 1913, 1923, 1987- 2004a, 1987-2004b, 1988, 1989-1993].
- Einstein, Albert (1907a): Über das relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen. *Jahrbuch der Radioaktivität und Electronik*, 4 (1907) 411. Traducciones al inglés en: "Einstein's comprehensive 1907 essay on relativity," part I, II y III. *American Journal of Physics*. 45 (1977) 512, 811, 899. Y en *CPE*, [Einstein, 1987-2004a, 1987-2004b]. En francés: "Du principe de relativité et des conséquences tirées de celui-ci", en *OCE* [Einstein, 1989-1993].
- Einstein, Albert (1907b): Bemerkungen zu der notiz von Hrn. Paul Ehrenfest: "Die translation deformierbarer Elektronen und der Flächensatz" (Comentario sobre la nota del Sr. Paul Ehrenfest: "Traslación de electrones deformables y la ley de áreas". *Ann. der Phys.* 23 (1907) 206. También en *CPE*, *CPE 2* y *OCE*, [Einstein, 1987-2004a, 1987-2004b, 1989-1993].
- Einstein, Albert (1910): Principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne. *Archives des sciences physiques et naturelles*. 29 (4) (1910) 5, 125. Original en francés, *CPE 3*, [Einstein, 1987-2004a]. Traducción en inglés: *The Principle of Relativity and Its Consequences in Modern Physics*. *CPE 3*, [Einstein, 1987-2004b.]. Aquí, por la primera vez, Einstein usa el nombre de transformación de Lorentz. Ya Poincaré lo había acuñado, cinco años antes, [Poincaré, 1905a, 1905b]. Einstein no lo cita.
- Einstein, Albert (1913): *Das Relativitätsprinzip*. Preparado por Arnold Sommerfeld. Teubner, Leipzig, 1913. Reeditado en 1922. Traducción inglesa: *The principle of Relativity*. Methuen, London, 1923; Dover, New York, 1952.
- Einstein, Albert (1916): Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. *Ann. der Phys.* (4) 49 (1916) 769. En inglés [Einstein, 1923]. Traducción francesa por Maurice Solovine: *Les fondements de la relativité générale*, Hermann, Paris, 1933. Traducción española [Einstein, 1950]. También en *CPE*, *OSE*, *OCE* [Einstein, 1987-2004a, 1987-2004b, 1988, 1989-1993].

- Einstein, Albert (1917): *Über die spezielle und die allgemeine relativitätstheorie, Gemeinverständlich*. Braunschweig, Berlín, 1917. Traducción española: *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Rev. Matem. Hispanoame. (Madrid) (1921) 194-199 y siguientes. Traducción en Colombia: *La teoría de la relatividad restringida y general*. Rev. de la Fac. de Matem. e Ing. (Bogotá) 1 (1928) 116; 2 (1929) 30, 50, 169, 311, 356, 393, 449.
- Einstein, Albert (1935): El problema del espacio, el campo y el éter en la física. Traducción. Dyna III 2 (1935) 52.
- Einstein, Albert (1946): Isaac Newton. Rev. Acad. Col. de Cienc. 7 (1946) 8.
- Einstein, Albert (1950): *La Relatividad, memorias originales*. Emecé, Buenos Aires, 1950.
- Einstein, Albert (1987-2004a): *Collected Papers of Albert Einstein (CPE)*. Stachel, John *et al.* (Edit.), 9 vols. editados. Artículos originales en alemán, con comentarios. Princeton University Press, Princeton, 1987.
- Einstein, Albert (1987-2004b): *Collected Papers of Albert Einstein (CPE)*. 9 vols. editados. Traducción inglesa de los originales de CPE [Einstein, 1987-2004a]. Princeton University Press, Princeton, 1987.
- Einstein, Albert (1988): *Opere scelte (OSE)*. Bellone Enrico *et al.* (dir). Bollati Boringhieri editore, Torino, 1988.
- Einstein, Albert (1989-1993): *Œuvres Choiesies d'Einstein (OCE)*. Balivar, Françoise *et al.* (dir.), 6 vols. Editions du Seuil, Paris, 1989.
- Faría, J. Rafael (1953): *Lógica*. Cuarta edición. Librería Voluntad, Bogotá, 1953.
- Faría, J. Rafael (1954): *Cosmología y Ética*. Tercera edición. Librería Voluntad, Bogotá, 1954.
- Frank, Philipp y Rothe, H. (1911): Über die Transformation der Raumzeitkoordinaten von ruhenden auf bewegte Systeme. Ann. der Phys. 34 (1911) 825, 891. Aquí aparece por la primera vez el nombre de transformación de Galileo.
- Frank, Philipp y Rothe, H. (1912) Zur Herleitung der Lorentztransformations. Phys. Zeits. 13 (1912) 750.
- Freundlich, Erwin (1922): *Los Fundamentos de la Teoría de la Gravitación de Einstein*. Traducido del alemán. Calpe, Madrid, 1922.
- Galles, Carlos (1982): La repercusión en la Argentina de las teorías de la relativísticas (1905-1925). *Actas de las Primeras Jornadas de historia del pensamiento científico argentino, Buenos Aires, 12-14 julio 1982*. Edic. FEPAI, Buenos Aires, 1982.
- Garavito Armero, Julio (1912a): Nota sobre la dinámica de los electrones. Ana. Ing. 19 (1912) 361. Ver Rev. Acad. Col. de Cienc. 2 (1938) 13.
- Garavito Armero, Julio (1912b): Teoría de la aberración de la luz. Imprenta del Estado mayor general. Bogotá, 1912. También en la Rev. Acad. Col. de Cienc. 1 (1936) 59.
- Garavito Armero, Julio (1913): Nota sobre la óptica matemática (crítica de la hipótesis ondulatoria). Explicación de algunos fenómenos ópticos que se relacionan con la astronomía: aberración y refracción. Taller del estado mayor general. Bogotá, 1913. También en la Rev. Acad. Col. De Cienc. 1 (1937) 145.
- Garavito Armero, Julio (1916a): La paradoja de la Óptica Matemática. Teoría de la aberración y de la refracción de la luz. Imprenta Nacional, Bogotá, 1916.

- También en Ana. Ing. 23 (1915) 98, 166; 23 (1916) 209, 274; Rev. Acad. Col. de Cienc. 1 (1937) 242.
- Garavito Armero, Julio (1916b): Nota sobre la fórmula fundamental de la trigonometría plana no euclídea en la geometría hiperbólica. Ana. Ing. 24 (1916) 222; 24 (1917) 356, 465; Rev. Acad. Col. de Cienc. 3 (1939) 14.
- Garavito Armero, Julio (1917): ¿Bancarrotas de la ciencia? Ana. Ing. 25 (1917) 101, 203.
- Garavito Armero, Julio (1920a): Óptica Astronómica. Teoría de la refracción y de la aberración anual. Ana. Ing. 28 (1920) 93, 191. También en la Rev. Acad. Col. de Cienc. 1 (1937) 334.
- Garavito Armero, Julio (1920b): Óptica Astronómica. Teoría de la refracción y de la aberración anual. Editorial Águila Negra, Bogotá, 1920.
- Garavito Armero, Julio (1938): Notas sobre las geometrías planas no euclídeas. Rev. Acad. Col. de Cienc. 2 (1938) 566.
- Garcés, E. (1920): Discurso en la tumba de Garavito. Ana. Ing. 27 (1920) 420; 30 (1922) 60. Otros homenajes se encuentran en la Rev. Acad. Col. De Cienc. 2 (1938) 176; Ana. Ing. 27 (1919) 244; Ana. Ing. 51 (1943) 148; 54 (1945) 464; 54 (1945) 476.
- García Camarero, Ernesto y Enrique (1970): *La polémica de la ciencia española*. Editorial Alianza, Madrid, 1970.
- Gil Olivera, Numas Armando (1993): *Reportaje a la filosofía*. Vol. I, Ed. Punto Inicial, Santafé de Bogotá, 1993.
- 106 Gil Olivera, Numas Armando (1999): *Reportaje a la filosofía*. Vol II. Fondo de Publicaciones de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, 1999.
- Glick, Thomas F. (1986): *Einstein y los españoles*. Alianza, Madrid, 1986.
- Glick, Thomas F. (edit.) (1987a): *The comparative reception of relativity*. D. Reidel Publishing Company. Netherlands, 1987.
- Glick, Thomas F. (1987b): Relativity in Spain. En [Glick, 1987a].
- Gómez, Laureano (1921): Elogio del Dr. Garavito. Ana. Ing. 29 (1921) 375. El autor (orador, político e ingeniero) fue presidente de Colombia (1950-1953).
- Herrera Restrepo, Daniel (1976): El proceso filosófico en Colombia y sus condicionamientos sociopolíticos. Franciscanum 52 (1976) 14.
- Herrera Restrepo, Daniel (1979): La Filosofía en la Colonia. Ideas y Valores. Universidad Nacional, Bogotá; n° 55-56 (agosto de 1979) 59-81.
- Herrera Restrepo, Daniel (1982): La filosofía en la Colonia. Elementos para una aproximación histórica. Cuadernos de Filosofía Latinoamericana 12 (1982) 7.
- Herrera Restrepo, Daniel (1988): La filosofía en la Colombia contemporánea. En [Marquínez, 1988a].
- Ignatowski, Woldemar (1910): Das Relativitätsprinzip. Arch. der Math. und Phys. 17 (1910) 1; 18 (1910) 17; Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip. Phys. Zeits. 11 (1910) 972; 12 (1911) 779.
- Isaza Bernal, J. (1979): En el centenario de Einstein. Hacia la teoría de la relatividad por los relojes de luz. Ana. Ing. 87 (1979) 35.
- Jaramillo Uribe, Jaime (1982): *El pensamiento colombiano en el siglo XIX*. Editorial Temis, Bogotá, 1982.
- Joliot-Curie, Frédéric e Irène (1933a): Contribution à l'étude des électrons positifs. C. R. Acad. Sc. Paris, 196 (1933) 1105. En [Joliot-Curie, 1961].

- Joliot-Curie, Frédéric e Irène (1933b): Électrons de matérialisation et de transmutation (α). *Le Journal de Physique et Le Radium*, 4 (1933) 494. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot, Frédéric (1933c): Preuve expérimentale de la annihilation des électrons positifs. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 197 (1933) 1622. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot-Curie, Frédéric e Irène (1933d): Rayonnement pénétrant des atomes sous l'action des rayons α . *7^{ème} Conseil de Physique Solvay*. Bruxelles, oct. 1933. Editado por Gauthiers-Villars, Paris, 1934. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot, Frédéric (1934a): Sur la dématérialisation de paires d'électrons. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 198 (1934) 81. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot, Frédéric (1934b): Sur la dématérialisation de paires d'électrons. *Le Journal de Physique et Le Radium*, 5 (1934) 299. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot-Curie, Frédéric e Irène (1934c): *Le positron*. Collection. *Actualités scientifiques et industrielles*. n° 182, Hermann éditeurs, Paris, 1934. En [Joliot-Curie, 1961].
- Joliot-Curie, Frédéric e Irène (1961): *Œuvres scientifiques complètes*. Presses Universitaires de France, Paris, 1961.
- Kilmister, Clive William (1970): *Special Theory of Relativity*. Pergamon, 1970.
- Kilmister, Clive William (1973): *General Theory of Relativity*. Pergamon Press, Oxford, 1973.
- Klein, Felix (1872): La lección inaugural en la Universidad de Göttingen conocida como *Erlanger Program* data de 1872. Ver: Über die sogenannte nicht Euklidische Geometrie. *Mathematische Annalen* (1875) 112. El *Erlanger Program* fue traducido al italiano en 1873 en la revista *Annali di Matematica*; y al francés por M. H. Padé: *Considérations comparatives sur les recherches géométriques modernes*. *Annales de l'École Normale Supérieure*, (1891) 87, 172. Reeditada como: *Le programme d'Erlangen*. Gauthier-Villars, Paris, 1974.
- L. A. B. (1939): El profesor Francisco Weil refuta las teorías de Einstein y enuncia una nueva ciencia natural. *Ana. Ing.* 47 (1939) 913.
- Lafuente, Antonio (1982): La relatividad y Einstein en España. *Mundo Científico* 2 (1982) 584.
- Lalan, V. (1936): La cinématique et la théorie des groupes. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 203 (1936) 1491.
- Lalan, V. (1937): Sur les postulats qui son à la base des cinématique. *Bull. Soc. Math. France*, 65 (1937) 94.
- Langevin, Paul (1905): *Ions, électrons, corpuscules*. Gauthier-Villars, Paris, 1905.
- Laue, Max von (1911): *Das Relativitätsprinzip (Spezielle)*. Vol. I, Braunschweig, 1911; 8ª edición: *Die Relativitätstheorie*. 1965. Traducción francesa de la 4ª alemana (1921): *La Théorie de la Relativité. Le Principe de Relativité de la Transformation de Lorentz*. Gauthiers-Villars, Paris, 1922.
- Laue, Max von (1921): *Die Relativitätstheorie (Allgemeine)*. Vol. II, Vieweg, Braunschweig, 1921. Traducción francesa de la 2ª alemana (1922): *La Théorie de la Relativité. La Relativité Générale et la Théorie de la Gravitation d'Einstein*. Gauthiers-Villars, Paris, 1926.
- Laue, Max von (1961): *Gesammelte Schriften und vorträge*. 2 vols. Braunschweig, 1961.

- Lorentz, Hendrik Antoon (1895): *Versuch einer theorie der electrischen und optischen erscheinungen in bewegten körpern*. E. J. Brill, Leiden, 1895. Está en sus *Collected Papers*, [Lorentz, 1937 vol. V, p. 1-139]. Existen partes traducidas al francés en [Langevin, 1905 p. 450]; y en inglés en [Schaffner, 1972]. Parte en español en [Williams, 1978]. Lorentz expuso en esta monografía, por la primera vez, su teoría puramente electromagnética, con un éter absolutamente inmóvil, la cual explica correctamente todos los fenómenos electromagnéticos y ópticos en los medios y cuerpos en reposo o en movimiento al primer orden en $\beta = v/c$. Da un nuevo tratamiento a la explicación ondulatoria de la aberración.
- Lorentz, Hendrik Antoon (1904): *Electromagnetische verschijnselen in een stelsel dat zich met wellekeurige snelheid, kleiner dan die van het licht, beweegt*. Versl. Kon. Akad. Wet. Amsterdam 1904. Traducción inglesa: *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than light*, Proc. Roy. Acad. Amsterdam 6 (1904) 809. También en *Collected Papers*, [Lorentz, 1934, vol. 5, 172-197], en [Einstein, 1913] y en Kilmister, 1970. En francés en [Langevin, 1905]: *Phénomènes électromagnétiques dans un système qui se meut avec une vitesse quelconque inférieure à celle de la lumière*.
- Lorentz, Hendrik Antoon (1937): *Collected Papers*. 9 tomos. Nijhoff. The Hague, 1937.
- 108 Marquínez Argote, Germán et al. (1988a): *La filosofía en Colombia - Historia de las ideas*. Editorial El Buho, Bogotá, 1988.
- Marquínez Argote, Germán (1988b): *Filosofía de la ilustración*. En [Marquínez, 1988a].
- Marquínez Argote, Germán (1988c): *Filosofía latinoamericana*. En [Marquínez, 1988a].
- Martínez-Chavanz, Regino (1986): *El pensamiento físico y epistemológico de Garavito. Naturaleza* (Educación y Ciencia), Bogotá, n° 4 (1986) 15.
- Martínez-Chavanz, Regino (1987): *Ensayo sobre la penetración de las ideas relativistas y cuánticas en Colombia*. Informe de investigación. Universidad de Antioquia. Medellín, 1987.
- Martínez-Chavanz, Regino (1988): *La física en Colombia de 1860 a 1960*. Multicopias no publicadas. Medellín, 1988.
- Martínez-Chavanz, Regino (1993): *La física en Colombia: su historia y su Filosofía. Historia social de la ciencia en Colombia*, Tomo VI, Física y Química. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y de la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias. Bogotá, 1993.
- Martínez-Chavanz, Regino y Paty, Michel (2004a): *La física de 1880 a 1940. En Formación de cultura científica en Colombia. Ensayos sobre Matemáticas y Física*. En [Arboleda y Paty 2004].
- Martínez-Chavanz, Regino (2004b): *La recepción de la física moderna en Colombia*. *Saber y Tiempo* (Buenos Aires) n° 18 (2004) 41.
- Martínez-Chavanz, Regino (2005): *La recepción de la relatividad en Colombia*. Conferencia pronunciada en el Simposio Internacional *Einstein: Científico, filósofo y humanista. Centenario de una visión del mundo*. Departamento de Filosofía, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 28 de noviembre - 2 de diciembre de 2005. El texto completo que amplía la conferencia existe en CD-ROM.

- Martínez-Chavanz, Regino (2006): Julio Garavito Armero (Biografía intelectual). En preparación.
- Maxwell, James Clerk (1965): *The scientific papers*. Dover, New York, 1965.
- Newton, Isaac (1687): *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Lóndres, 1687. Traducción al inglés por Andrew Motte: *Mathematical Principles of Philosophy and his System of the World*. Lóndres, 1729; reeditada por F. Cajori, 2 vols. Univ. of California Press, 1934. Traducción al francés por M^{me} du Châtelet: *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*. 2 vols. París, 1756, 1966. Edición castellana: *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Editora Nacional, Madrid, 1982.
- Noguera, R. (1935): La curvatura del espacio. *Ana. Ing.* 43 (1935) 59.
- Obregón Torres, Diana (1992): *Sociedades científicas en Colombia*. Banco de la República, Bogotá, 1992.
- Pais, Abraham (1982): «*Subtle is the Lord ...*» *The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford University Press, Oxford, 1982. En francés: *Albert Einstein, la vie et l'œuvre*. InterEditions, Paris, 1993. Existe traducción en español.
- Paty, Michel (1987): The scientific reception of Relativity in France. En [Glick 1987a].
- Paty, Michel [1999]: “La réception de la Théorie de la Relativité au Brésil et l'influence des traditions scientifiques européennes”. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* N° 143, 49 (1999) 331.
- Planck, Max (1958): *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*. 3 vols. 109
Braunschweig, 1958.
- Poincaré, Henri (1887): Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie. *Bulletin de la Société Mathématique de France* 15 (1887) 203; también en [Poincaré, 1954, tomo XI].
- Poincaré, Henri (1898): On the foundations of geometry. *The Monist* 9 (1898) 1. Traducción francesa por Louis Rougier: *Des fondements de la géométrie*. Chiron, Paris, 1921. Ver *Revue de métaphysique et de morale* 7 (1899) 251; 8 (1900) 73 y *Bulletin des sciences mathématiques* 26 (1902) 249; 27 (1903) 115.
- Poincaré, Henri (1900a): Sur les principes de la mécanique. Conferencia presentada en el Congreso Internacional de Filosofía en París, 1 - 5 de agosto de 1900. *Bibliothèque du Congrès International de philosophie*. Vol. 3, *Logique et histoire des sciences*. Armand Colin, Paris, 1901.
- Poincaré, Henri (1900b): Sur les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique. Conferencia presentada en el Congreso Internacional de física de 1900. *Rapports présentés au Congrès International de physique de 1900*. Paris, 1900. En [Poincaré, 1902a] cap. 9: Les hypothèses en physique, y cap. 10: Les théories de la physique moderne.
- Poincaré, Henri (1902a): *La Science et l'Hypothèse*. Flammarion, Paris, 1902, 1906, 1907, 1917 y 1968. Traducción alemana: *Wissenschaft und Hypothese*. Teubner, Leipzig, 1904. Existe traducción al español, en la primera década del siglo XX, por Emilio González Llana. Muchos de los artículos y conferencias de Poincaré están en este libro, leído por Garavito.
- Poincaré, Henri (1902b): Sur la valeur objectives des théories physiques, *Revue de Méthaphysique et de Morale* 10 (1902) 265. En [Poincaré, 1902a].

- Poincaré, Henri (1904): L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique. Conferencia presentada en el Congreso Internacional de las artes y de las ciencias, Saint-Louis, Missouri, 24 sept. de 1904, *La Revue des idées*, 15 (nov.1904) 801-818; *Bulletin des sciences mathématiques* 28 (1904) 302-324; también en [Poincaré, 1905c]. Traducción inglesa en [Poincaré, 1913b]; en español, [Williams, 1978].
- Poincaré, Henri (1905a): Sur la dynamique de l'électron. Es su primer artículo sobre la relatividad, recibido el 5 de junio y publicado el 9 de junio de 1905, en *C. R. Acad. Sci. Paris*, 140 (5 juin 1905) 1504. La revista llegó a Berna el 12 o 13 de junio. También en [Poincaré, 1954. Tomo 9]. Aquí aparece, por la primera vez, el nombre de transformación de Lorentz. La primera vez que Einstein usa ese nombre es en 1910, [Einstein, 1910].
- Poincaré, Henri (1905b): Sur la dynamique de l'électron. Recibido el 23 de julio de 1905, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*. 21 (1906) 129-176. En [Poincaré, 1954, 1912]. Traducción inglesa en [Kilmister, 1970]. Aquí aparece, por la segunda vez, el nombre de transformación de Lorentz.
- Poincaré, Henri (1905c): *La valeur de la Science*. Flammarion, Paris, 1905, 1906, 1917, 1968, 1970. Muchos de los artículos y conferencias de Poincaré están en este libro, leído por Garavito.
- Poincaré, Henri (1906): La fin de la matière, *The Athenaeum*, n° 4086, f.17 (1906) 201-4. También en [Poincaré, 1902a].
- Poincaré, Henri (1908a): *Science et Méthode*. Flammarion, Paris, 1908, 1916. Muchos de los artículos y conferencias de Poincaré están en este libro, leído por Garavito.
- Poincaré, Henri (1908b): La dynamique de l'électron, *Revue Générale des Sciences pures et appliquées* 19 (1908) 386-402. También en [Poincaré, 1954. Tome 9].
- Poincaré, Henri (1909): *La mécanique nouvelle*: conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité, [document electrónico, BNF]. De pronto es la conferencia a l'Association française pour l'avancement des sciences, Lille, 1909, *Comptes-rendues des sessions de l'Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Lille*, 1909, p. 38-44. También en *Revue scientifique, revue rose*, (7 août 1909) 170-177.
- Poincaré, Henri (1910): *Die Neue Mechanik (La mécanique nouvelle)*. Seis conferencias dadas, en alemán, en Göttingen (22-28 avril 1909). Leipzig, 1910. Es la misma conferencia [Poincaré, 1909], dada el 3 de agosto de 1909, en l'Association française pour l'avancement des sciences, Lille, 1909, *Comptes-rendues des sessions de l'Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Lille*, 1909, p. 38-44. También en *Revue scientifique, revue rose*, (7 août 1909) 170-177. Fue la misma conferencia que Poincaré repitió, en francés, en la universidad de Berlín, el 14 de octubre de 1910.
- Poincaré, Henri (1912a): *La Mécanique nouvelle. Conférence, mémoire, et note sur la théorie de la relativité*. Gauthier-Villars, Paris, 1912, 1924.
- Poincaré, Henri (1912b): L'espace et le temps, conférence faite le 4 mai 1912 à l'université de Londres. *Scientia* 12e année 25 (1912) 159-170. También en [Poincaré, 1913a].

- Poincaré, Henri (1913a): *Dernières pensées*. Flammarion, Paris, 1913, 1917, 1963. Muchos de los artículos y conferencias de Poincaré están en este libro, leído por Garavito.
- Poincaré, Henri (1913b): *The Foundations of Science*. Traducciones de [Poincaré, 1902, 1905c, 1908a]. New York, 1913. Muchos de los artículos y conferencias de Poincaré están en este libro; su versión original en francés fue leído por Garavito.
- Poincaré, Henri (1924): *La mécanique nouvelle: conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*. Introduction de M. Édouard Guillaume, Gauthier-Villars, Paris, 1924. Dispongo de copia manuscrita que realicé en la Biblioteca de la Sorbona.
- Poincaré, Henri (1954): *Œuvres de Henri Poincaré*. 11 vols. Gauthier-Villars, Paris, 1954.
- Poveda Ramos, Gabriel (1961): La noción de tensor. Ingeniería y Arquitectura, 14 N° 159 (1961) 24.
- Prada G., José M. (1959): Nociones elementales sobre la teoría de la relatividad. Dyna (Medellín) n° 75 (oct. 1959) 11.
- Rengifo, Francisco M. (1918a): *Santo Tomás ante la ciencia moderna*. Imprenta San Bernardo, Bogotá, 1918. También en la Revista del Colegio Mayor de N. Sra. del Rosario.
- Rengifo, Francisco M. (1918b): La filosofía en Colombia. Rev. del Colegio del Rosario 26 (1931) 337; 27 (1931) 407.
- Restrepo Hernández, Julián (1907): *Lecciones de Lógica*. Tesis, Bogotá, 1907.
- Riemann, Bernhard (1854): Lección inaugural a la Universidad de Göttingen: *Über die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen*. En *Gesammelte mathematische Werke*. Teubner, Leipzig, 1876. Traducción francesa: *Sur les hypothèses qui servent de base à la géométrie*. En *Œuvres mathématiques*. Gauthier-Villars, Paris, 1898, 1990. También en [Kilmister, 1973].
- Romero, Francisco (1982): Sobre la filosofía en Iberoamérica. En [Varios, 1982].
- Rozo Martínez, Darío (1923): Alcances de la teoría de Einstein. Ana. Ing. 31 (1923) 21. Por primera vez se expone con rigor la teoría de la relatividad en Colombia; hace referencia a los tensores.
- Rozo Martínez, Darío (1938): La entidad de la Física. Rev. Acad. Col. Cienc. 2 (1938) 422, 584; 3 (1939) 32.
- Rozo Martínez, Darío (1953): Conferencia sobre la relatividad. Ana. Ing. 57 (1953) 5.
- Rozo Martínez, Darío (1954a): Nuevas ideas sobre la relatividad y sobre la formación de la materia. Ana. Ing. 58 (1954) 5.
- Rozo Martínez, Darío (1954b): Las fórmulas de Einstein sin relativismo y la onda de De Broglie. Rev. Acad. Col. de Cienc. 9 (1954) 153.
- Rozo Martínez, Darío (1956): Nuevos conceptos de la relatividad einsteiniana. Rev. Acad. Col. de Cienc. 9 (1956) 253. Se exponen los rudimentos de los tensores relativistas.
- Rozo Martínez, Darío (1961): El campo de gravitación explicado por la ecuación de onda. Rev. Acad. Col. de Cienc. 11 (1961) 125.
- Ruiz, José Ignacio (1960): Darío Rozo M. y la física contemporánea. Rev. Acad. Col. de Cienc. 11 (1960) 99.

- Sáenz, W. (1941): La continuidad de la materia, el problema del éter y sus consecuencias. *Rev. Acad. Col. de Cienc.* 4 (1941) 239.
- Salazar Bondy, Augusto (1982): ¿Existe una filosofía de nuestra América? En [Varios, 1982].
- Salazar Ramos, Roberto J. (1988): Romanticismo y positivismo. En [Marquínez, 1988a].
- Sánchez-Ron, José M. (1987): The Reception of Special Relativity in Great Britain. En [Glick 1987a].
- Schaffner, Kenneth F. (1972): *Nineteenth century Aether theories*. Pergamon, 1972.
- Schilpp, Paul Arthur (1949): *Albert Einstein Philosopher-Scientist*. 2 vols. Harper and Row, New York, 1949.
- Sierra Mejía, Rubén (1967): Estado actual de la filosofía en Colombia. *Ideas y Valores*, 27-29 (1967) 234, Bogotá.
- Sierra Mejía, Rubén (1982): Temas y corrientes de la filosofía colombiana en el siglo XX. *Cuadernos de Filosofía Latinoamericana* 1 (1982) 78.
- Sierra Mejía, Rubén (1985): Compilador, *La filosofía en Colombia (Siglo XX)*. Procultura, Bogotá, 1985.
- Sociedad Colombiana de Ingenieros (1887): *Ana. Ing.* 1 (1887) 2; 1 (1888) 352; 3 (1889) 5, 128; 3 (1890) 311; 379; 5 (1891) 31; La actividad científica en Bogotá, *Ana. Ing.* 7 (1894) 257, 259, 260, 319; 8 (1895) 88; 9 (1897) 220; 8 (1898) 160; 12 (1905) 238; 16 (1909) 286; 23 (1916) 247, 375, 384; 24 (1916) 68, 201; 24 (1917) 417; 26 (1918) 127; 27 (1919) 54, 128, 131, 143, 192, 256; 39 (1934) 84.
- Thibaud, Jean (1933): *C. R. Acad. Sc. Paris*, 197 (1933) 1629.
- Tovar González, Leonardo (1988): Tradicionalismo y neoescolástica. En [Marquínez, 1988a].
- Valderrama Andrade, Carlos (1986): *El movimiento neotomista orientado por Mons. Rafael María Carrasquilla*. Instituto Caro y Cuervo, Bogotá, 1986.
- Vallejo, Joaquín (1934a): Guía para el estudio de la teoría de la relatividad. *Dyna* II (1934) 150.
- Vallejo, Joaquín (1934b): La evolución del concepto del éter. *Dyna* II (1934) 91.
- Varios (1982): *La filosofía en Colombia. Bibliografía del siglo XX*. Universidad Santo Tomás, Bogotá, 1982.
- Velásquez, E. (1933): Óptica de Garavito. *Dyna* I, 3 (1933) 10; 4 (1933) 20.
- Vergara, Luis Francisco (1897): *El positivismo y la metafísica*. Tesis, Bogotá, 1897.
- Williams Pearce L. (1978): *La teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno. A. Einstein... y otros*. Alianza Editorial, Madrid, 1978.