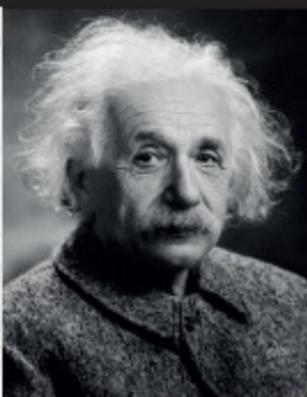
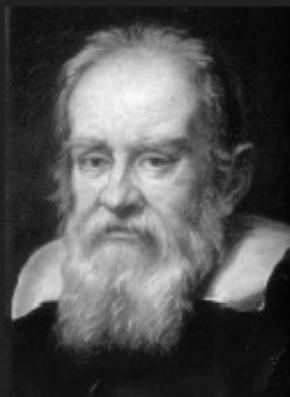


DIVERTIMENTOS DE HISTORIA DE LA CIENCIA



**Guillermo Coronado Céspedes
Javier Fernández Araya
Esaú Herrera Solís
Leonardo Ortiz Acuña**

Divertimentos de historia de la ciencia

Coronado, Fernández, Herrera, Ortiz.

Divertimentos de historia de la ciencia

**DIVERTIMENTOS
DE HISTORIA DE LA CIENCIA**

**Guillermo Coronado Céspedes
Javier Fernández Araya
Esaú Herrera Solís
Leonardo Ortiz Acuña**

Antanaclasis, Editores, S. A.
Colección "Mulciber" (volumen 3).

509

C822d Coronado Céspedes, Luis Guillermo

Divertimentos de historia de la ciencia / Luis Guillermo

Coronado Céspedes ; Javier Fernández Araya ; J. Esaú
Herrera Solís ; Leonardo Ortiz Acuña . -1ª ed.- San José,
Costa Rica : Antanaclasis, Editores, S.A., 2017.

126 p. ; 20 x 25 cm. - (Colección Mulciber ; no. 3)

ISBN: 978-9930-9596-0-2

1. CIENCIA 2. HISTORIA 3. FILOSOFÍA 4. GALILEI,
GALILEO (1564-1642) I. Fernández Araya, Javier, autor
II. Herrera Solís, J. Esaú, autor III. Ortiz Acuña, Leonardo,
autor IV. Título V. Colección

©Antanaclasis Editores, S.A.

antanaclasiseditores.cr.bolgspot.com

antanaclasiseditores.cr@gmail.com

Edición: J. Esaú Herrera Solís, Luis Diego Cascante F. & Juan Diego
Moya Bedoya

Diseño interior y diagramación: Catalina Cartagena

Diseño de cubierta: Catalina Cartagena

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS | 7 |
| <i>Luis Á. Camacho Naranjo.</i> PRESENTACIÓN | 11 |
| <i>Guillermo Coronado Céspedes.</i> CAPÍTULO I° Galileo y la Inquisición, 1615-1616. Contexto histórico y elementos conceptuales | 19 |
| <i>Javier Fernández Araya.</i> CAPÍTULO II° 1615, año de crisis. Ataques contra Galileo y sus movidas defensivas | 46 |
| <i>Esaú Herrera Solís.</i> CAPÍTULO III° En defensa de Galileo. Análisis del Concilio de Trento (1545–1563) a la luz de las cartas a Castelli (1613) y a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (1615) | 58 |
| <i>Javier Fernández Araya.</i> CAPÍTULO IV° Tommaso Campanella: su defensa de Galileo y de la <i>libertas philosophandi</i> | 88 |

| | |
|--|-----|
| <i>Leonardo Ortíz Acuña.</i> | |
| CAPÍTULO V° | |
| Galileo y la teoría científica. | |
| La defensa del heliocentrismo copernicano | 104 |
| <i>Esauí Herrera Solís.</i> | |
| CAPÍTULO VI° | |
| ¿Una defensa del copernicanismo? | |
| Cartas a Castelli (1613) y a la señora | |
| Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (1615) | 120 |
| <i>Leonardo Ortíz Acuña.</i> | |
| CAPÍTULO VII° | |
| Galileo y Descartes: la matematización de la física | 145 |
| <i>Guillermo Coronado Céspedes.</i> | |
| CAPÍTULO VIII° | |
| Tiempo, espacio, lugar y movimiento en | |
| el primer <i>Escolio</i> de los <i>Principia</i> de Newton | 168 |
| <i>Leonardo Ortíz Acuña.</i> | |
| CAPÍTULO IX° | |
| Física y simetría: Poincaré y Einstein | 193 |
| <i>Javier Fernández Araya.</i> | |
| CAPÍTULO X° | |
| Mach frente a la física de la relatividad | |
| como crítico del mecanicismo newtoniano | 209 |
| <i>Esauí Herrera Solís.</i> | |
| CAPÍTULO XI° | |
| Problemas en torno de los conceptos de espacio | |
| y movimiento en la física newtoniana | 222 |

AGRADECIMIENTOS

Esta obra se llevó a cabo por un grupo de esfuerzos de diferentes instancias de la comunidad filosófica de la Universidad de Costa Rica, y aunque parezca paradójico, es posible que sea este momento en el que estas instancias se den cuenta de que de alguna u otra manera colaboraron para que esta obra se llevara a cabo. Por ello prefiero relatar de manera breve la historia de este texto.

En el I semestre lectivo del año 2014 la Escuela de Filosofía de la Universidad de Costa Rica ofrece el curso *Galileo y la ciencia moderna*, impartido en la modalidad de tutoría. El docente a cargo es Guillermo Coronado Céspedes. En una nota se aclara que el curso tiene un cupo máximo de tres alumnos, en ese momento mi persona ya había iniciado un contacto con el docente y lo llamé para que me permitiera asistir en calidad de alumno extra al curso que deseaba impartir, esto con el propósito de dejar un cupo más para cualquier otra persona interesada en el tema. Así quedó consolidado el grupo de estudio de historia de la ciencia, con un gran docente a la cabeza y tres alumnos con deseos de saber.

Otro elemento muy característico de este curso es que se impartiría en casa de don Guillermo, en su amada Cartago (porque solo los cartagineses reiteran su cartaguismo), esto por razones de salud del docente. Lo que hacía a este curso por mucho, el más particular que he tenido en mi vida de alumno. Pero algo mucho más importante escondía el

docente. Sin embargo, faltaban meses y sesiones para que finalmente nos propusiera, como parte de la calificación, presentar ponencias temáticamente similares en las Jornadas de Investigación Filosóficas del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UCR, las cuales suelen celebrarse, todos los años, en el mes de septiembre, lo cual transformó al curso de semestral en anual, y de una simple presentación de un ensayo en una mesa redonda especializada. Debo recordar que han transcurrido cuatro diferentes cursos, y que este libro solamente presenta el material de los dos primeros.

Pero eso no es todo, don Guillermo es incansable y colabora con todo lo que pueda. Por ello logramos presentar trabajos extras, en temas de historia de la ciencia, en mesas redondas coordinadas por la Asociación Costarricense de Filosofía (ACOFI). Además, la idea de publicar estos ensayos fue muy bien acogida y la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* nos abrió sus puertas y editó varios de los ensayos en dos *dossiers* presentes en diferentes números de la revista.

Así que debemos agradecer al director de la Escuela de Filosofía Roberto Fragomeno, por dejar siempre abierta las puertas a este tipo de emprendimientos durante los últimos tres años, en los cursos que se imparten en la Escuela, accediendo bajo una única premisa: Si el docente está de acuerdo, yo estoy de acuerdo, no encuentro por qué oponerme.

Agradecemos los espacios que nos brindó el director del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la Universidad de Costa Rica, Luis Fallas López, permitiéndonos no solamente el espacio sino la creación de mesas especializadas, temáticas y críticas en torno al tema de la historia de la ciencia en las Jornadas de Investigación Filosóficas.

Debo agradecer doblemente al presidente de ACOFI Luis Camacho Naranjo, primero por permitir en el seno de

esta asociación presentar varios de los ensayos que forman parte de este texto y coordinar la creación de las diferentes mesas temáticas a lo largo del tiempo. Segundo, los autores le agradecemos la lectura y correcciones que nos transmitió para mejorar el texto. Aún más, le agradecemos el excelente prefacio que acompaña y aclara la postura teórica de esta obra.

Agradecemos la diligencia y el profesionalismo del director de la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, Juan Diego Moya Bedoya, con los cuales editó los *dossiers* en los cuales se presenta de una manera encomiable parte de los ensayos de este texto. Además, agradecemos el permiso de utilizar los ensayos publicados en la *Revista de Filosofía*, para conformar el texto que tienen ustedes en sus manos.

Debemos dar un especial agradecimiento a la familia de don Guillermo, especialmente a Nora su esposa y a Gustavo su hijo, por abrir sus aposentos una vez a la semana por la tarde, por ser parte de la discusión, por invitarnos al café, a las cenas, almuerzos, cumpleaños, festividades, y por la excelente acogida en su casa en Cartago y en Cedral, a tres desconocidos. Y a don Guillermo por la excelencia y guía en nuestros estudios. Gracias a él, este texto existe.

E. H. S.

San Pedro de Montes de Oca, 16 de diciembre de 2016.

PRESENTACIÓN

Dos son las partes en que se divide el presente volumen, que recoge investigaciones originales cuyos autores son el profesor Guillermo Coronado y sus alumnos Esaú Herrera, Leonardo Ortiz y Javier Fernández. En la primera se analiza lo ocurrido en febrero y principios de marzo de 1616, cuando Galileo viajó a Roma a afrontar las acusaciones en su contra tramitadas ante la Inquisición por sus enemigos. Los artículos iniciales rastrean los pasos que condujeron a dicha confrontación, tanto los que dieron los enemigos del gran matemático y astrónomo como sus respuestas. En este contexto resulta muy importante la correspondencia de Galileo con Benedetto Castelli y Cristina de Lorena, ampliamente analizada aquí como preámbulo al análisis del expediente resultante del encuentro de 1616.

En la segunda parte encontramos ensayos variados sobre aspectos de la ciencia en Galileo, Descartes, Newton, Berkeley, Poincaré, Mach y Einstein. Aunque a primera vista las dos partes son separadas, hay un hilo que las conecta: al estudiar el proceso contra Galileo en Italia, vemos cómo funciona la ciencia moderna, que luego alcanza su gran desarrollo en otros lugares. Entre Galileo y los autores analizados posteriormente encontramos el constante flujo de conjeturas, refutaciones y corroboraciones o verificaciones que hacen de la ciencia y su historia un conjunto comprensible y ejemplar. Pero también vemos el contraste con la ausencia

de la ciencia a consecuencia de la persecución de que fue objeto Galileo. Ninguno de los otros autores comentados procede de Italia, España o sus colonias. Para entender el atraso científico de nuestros países conviene recordar que en la Contrarreforma España se encerró en sí misma y evitó los contactos con ideas que pusieran en entredicho el orden establecido, hasta el extremo de prohibir que los nativos fueran a estudiar a universidades extranjeras.¹

Los acontecimientos a los que se refieren los ensayos de la primera parte no están tan lejos de nosotros, a pesar de que han transcurrido cuatrocientos años desde esa primera comparecencia de Galileo ante la Inquisición en Roma. El libro de Copérnico, incluido en 1616 en el *Índice de Libros Prohibidos*, estuvo allí hasta bien avanzado el siglo XIX² —no hace mucho tiempo— y todavía en el siglo XVIII había clérigos, sobre todo entre los jesuitas, que defendían el modelo del sistema solar propuesto por Tycho Brahe como una solución de compromiso entre Ptolomeo y Copérnico y una manera de no contradecir los dogmas establecidos.³ Los efectos de la condena del copernicanismo en Italia fueron inmediatos: la región que tenía las condiciones para liderar la revolución científica y tecnológica cedió su lugar a otros países, en particular Inglaterra y más tarde Alemania (Landes, 2008, 175-178).

1 D. S. Landes. (2008). *La riqueza y la pobreza de las naciones*. Barcelona, *Crítica*, 174.

2 Puede consultarse en <http://sourcebooks.fordham.edu/halsall/mod/indexlibrorum.asp>

3 L. C. Arboleda, D. Soto Arango. (1991) Las teorías de Copérnico y Newton en los estudios superiores del Virreinato de Nueva Granada y en la Audiencia de Caracas, siglo XVIII, *Quipu*, 8 (1) 5-34.

Convertido en el caso mejor conocido de conflicto entre religión y ciencia dentro del cristianismo, no es de extrañar que el drama de Galileo siga despertando interés, sobre todo entre quienes constatamos con alarma la supresión por razones políticas, religiosas o ideológicas de conclusiones para las cuales hay abundante evidencia. En muchos países en nuestros días la supremacía de la religión sobre la ciencia ni siquiera se discute. En ellos los asuntos científicos se resuelven mediante recurso a textos considerados sagrados, cuyo cuestionamiento se castiga hasta con la muerte. Como muestran los autores de estos ensayos, las opiniones de Galileo sobre las escrituras fueron el motivo fundamental del conflicto o, por lo menos, parte muy importante del choque contra las autoridades eclesiásticas.

Todavía en nuestros días las actuaciones de dichas autoridades tienen apologistas. Dos estrategias suelen ser las preferidas por los defensores de quienes intentaron callar a Galileo en nombre de la religión. Una de ellas se centra en las personas concretas y sus actos: se dice entonces que el juicio fue “justo”,⁴ que Galileo tuvo la culpa de lo ocurrido o que según las ideas predominantes en la época la razón la tenía el cardenal Bellarmino. Otra estrategia consiste en atacar tanto a la ciencia como a los científicos en general, hasta el extremo de proclamar que el mundo estaría mejor sin la ciencia o que la racionalidad es discriminatoria porque es

4 Un despacho de la agencia EFE del 14/1/2008 informaba de que sesenta y siete profesores de la Universidad La Sapienza de Roma pidieron al Rector cancelar la visita del papa Benedicto XVI a la inauguración del año académico debido a que el 15 de marzo de 1990, en un discurso en la Universidad de Parma, había considerado “razonable y justo” el proceso contra Galileo, usando las palabras del filósofo Paul K. Feyerabend (1924-1994).

asunto de minoría.⁵ Pero si la ciencia es la extensión sistematizada y controlada del conocimiento, y sin el conocimiento carecemos de instrumentos para sobrevivir, entonces es muy importante conocer cómo se generaron las grandes teorías que hoy forman el entramado de la ciencia.

Lo anterior nos lleva a otra pregunta, cuya respuesta nos puede ayudar a valorar esta colección de ensayos en nuestras manos: ¿Cuán importante es la historia de la ciencia? Para contestarla es necesario aclarar el alcance y la interpretación del término ‘ciencia’. En algunos de los posibles enfoques de un lado del espectro, la historia de la ciencia se reduce al desvelamiento de agendas políticas ocultas, a una colección potencialmente infinita de datos de las vidas de un grupo finito de individuos, a un recuento de lucha de clases en la teoría o a una expresión particular de una cultura determinada, inconmensurable con otras expresiones culturales igualmente válidas. En esta visión del tema la ciencia es eminentemente subjetiva, sus teorías se reducen al reflejo de factores sociales o psicológicos, no tiene ninguna ventaja sobre otras supuestas formas de conocimiento y no muestra ningún progreso por más que cambie.

En el otro extremo de las opiniones encontramos la visión según la cual la historia de la ciencia es tan importante como la estadística y ambas son imprescindibles para la supervivencia de la especie humana. En este otro enfoque la ciencia es irreductiblemente objetiva, el asentimiento de los científicos a las teorías se basa en la preponderancia de la evidencia, sus teorías responden a la búsqueda de la verdad

5 Las citas correspondientes y un análisis de estas opiniones se pueden encontrar en L. Camacho (2016), Usos y abusos del relativismo, *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252), volumen LVI (2017), número 145, 161-192.

o por lo menos a la de soluciones racionales, y muestra sin duda avances y progreso. Más aún, es la única actividad humana en la que se puede mostrar claramente el progreso.

El más notable exponente de esta última visión es Georges Sarton (1884-1956), el pionero de esta disciplina. Según él, la estadística nos advierte de los peligros y la historia de la ciencia nos proporciona el inventario de soluciones hasta ahora exitosas para enfrentarlos. En Sarton, la historia de la ciencia es el medio adecuado para obtener una visión humanista de la ciencia, integrada en la totalidad de la experiencia humana.⁶ La opinión de Sarton cobra más fuerza si incluimos en el término no solo las teorías que solucionan problemas sino también la aplicación en la tecnología. No solo las bibliotecas, sino también los museos de tecnología. Cada vez que se resuelve un problema, aunque luego quede superado por soluciones mejores, debe conservarse la solución cuidadosamente documentada. Quizá la necesitamos en el futuro, aunque sea como referencia para ubicar soluciones teóricas y prácticas posteriores. Si añadimos a este conjunto las matemáticas,⁷ tenemos entonces todos los elementos que se requieren como condiciones necesarias (aunque no suficientes) para el desarrollo socio-económico y que se compendian en el acrónimo inglés ‘STEM’ (science, technology, engineering and mathematics).⁸ La palabra ‘stem’

6 Véase E. Garfield, *The Life And Career Of George Sarton: The Father Of The History Of Science*, en www.sartonchair.ugent.be/file/179

7 Hace poco se inauguró en Nueva York el National Museum of Mathematics, conocido como MoMath (www.momath.org) en 11 East 26th. St., Manhattan.

8 Aunque no queda claro cuál es la diferencia entre ‘tecnología’ e ‘ingeniería’.

significa *tallo, vástago*: “the main body of a plant”, con lo que se indica la importancia mediante una metáfora: la planta es el desarrollo socio-económico, el tallo está formado por la ciencia, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería. Se tiene en mente aquí el desarrollo como un proceso que involucra mejoría económica y cambio social sostenibles a largo plazo. Aunque puede haber mejoría en ingresos a corto plazo sin que la ciencia tenga un papel importante, no puede haber desarrollo como proceso que se sostenga sin el aporte de la ciencia.

Como era de esperar, la historia de la ciencia ha sufrido los embates de los ataques recientes contra su objeto de estudio. Tesis variadas de autores que generalmente no se tomaron la molestia de probar sus afirmaciones se convirtieron en consignas de personas y grupos interesados en defender dogmas o ideologías, que en principio no se cuestionan y se defienden hasta con el asesinato de quienes las ponen en entredicho. Muy rápidamente algunas afirmaciones no probadas ni analizadas de filósofos interesados en defender posiciones no cuestionadas se han convertido en consignas para la lucha en los movimientos que se conocen en inglés como *science wars*. Esas consignas se expresan en frases bien conocidas: ‘indeterminación de las teorías’, ‘condicionamiento teórico de la experiencia empírica’ y ‘relatividad de la verdad’ (Camacho, 2016, 161-192), que a su vez se han convertido en justificación de agendas políticas variadas o en defensa de intereses de grupos particulares.

La siguiente pregunta que queremos hacernos aquí se refiere a la relación entre teorías científicas y datos personales de las vidas de los científicos. En primer lugar, dado que —como es fácil de ver— las teorías son independientes respecto de quienes las proponen, podemos preguntarnos cuál es

la utilidad de conocer el contexto de descubrimiento cuando lo más importante en una visión internalista de la ciencia es el contexto de justificación. En segundo lugar, puesto que los datos relativos a los científicos son potencialmente infinitos, la pregunta se vuelve más concreta si nos preguntamos por los criterios para escoger unos datos y desechar otros. Para ver cómo se manejan estos dos ejes –personas e ideas, historia y teoría– en los ensayos de Guillermo Coronado, Javier Fernández, Esaú Herrera y Leonardo Ortiz, conviene recordar que la investigación cuyos resultados aquí se exponen, tienen que ver con acontecimientos complejos y a veces confusos. Dado que el trabajo fue en equipo, los aportes individuales forjan un consenso en el que los datos históricos ayudan a entender el contenido teórico. La visión internalista de la ciencia, según la cual lo más importante es el contenido de la teoría, no rechaza sino que da sentido a la multitud de aspectos externos. Si las teorías científicas estuvieran determinadas por las condiciones socioeconómicas de sus proponentes, bastaría conocer estas para deducir las primeras, y dos científicos con el mismo trasfondo tendrían las mismas ideas. Nada de esto muestra la historia de la ciencia.

La segunda parte del libro empieza con el artículo sobre la matematización de la física en Galileo y Descartes. En este ensayo se puede apreciar tanto la importancia de las matemáticas en la comprensión de la naturaleza como la profundidad y vastedad de los aportes de estos autores. Sospecho que la afirmación en la conclusión del artículo según la cual el método galileano es superior al cartesiano no será del agrado de los fanáticos de este último, pero sí de los interesados en el pensamiento de Leibniz, que estarán generalmente de acuerdo. El siguiente artículo, escrito por Coronado y dedicado a Newton, ayuda a entender por qué

se suele considerar los *Principia* como la obra científica de mayor influencia en la historia. También se ve claramente en la exposición del profesor Coronado la posibilidad de que un lector medianamente inteligente pueda entender a grandes rasgos los escritos científicos de los autores de esa época. Como se sabe, esto cambia notablemente cuando la vanguardia científica pasa del Reino Unido a Alemania a comienzos del siglo XX. Entender la teoría de la relatividad de Einstein o la física cuántica de Planck ya no será tan sencillo para los simples mortales. Aun así, Newton sigue siendo el punto de referencia, como lo muestran Leonardo Ortiz en su artículo sobre la simetría, Javier Fernández al hablar de las críticas de Ernst Mach a Newton y Esaú Herrera en su trabajo sobre Berkeley y Einstein.

Leer estos ensayos ha sido un placer para este prologuista, quien no quiere extenderse más para no atrasar el gozo que otros pueden experimentar con la lectura de lo que sigue.

Luis Ángel Camacho Naranjo
Sabanilla de Montes de Oca, diciembre de 2016.

Capítulo I°

Galileo y la Inquisición, 1615-1616. Contexto histórico y elementos conceptuales⁹

Guillermo Coronado Céspedes

1. El primer contexto

Para tratar el tema del primer conflicto de Galileo Galilei y la Inquisición que culminó con la condena del copernicanismo a fines de febrero y primeros días de marzo de 1616, se pueden plantear contextos históricos envolventes que ubican los eventos más significativos que conducen a dicho clímax.

El primero de estos contextos nos coloca en diciembre de 1614, como apertura, y en el 5 de marzo de 1616 como cierre. El cuarto domingo de Adviento, 21 de diciembre, el fraile Tommaso Caccini,¹⁰ joven monje dominico, en la iglesia de Santa María Novella, Florencia, lanza un furibundo ataque contra las matemáticas –arte diabólica y generadora de herejías–, contra los matemáticos pitagorizantes que con sus

9 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LV°, número 141, enero-abril de 2016, páginas 47-57. El artículo forma parte del *dossier Galileo Galilei en 1615 y 1616. Su defensa del copernicanismo y su primera colisión contra el Santo Oficio*.

10 Caccini, Tommaso. Nace en Florencia el 26 de abril de 1574. Ingresó en la Orden de Predicadores en 1589. Muere el 12 de enero de 1648.

propuestas contradicen las enseñanzas de las Escrituras; tales matemáticos como los “galileístas”, seguidores de Galileo, son advertidos de no continuar con sus diabólicas observaciones de los cielos, en virtud de un juego interpretativo que Caccini hace a partir del texto de *Hechos de los Apóstoles*, I^o, 11^o, “[...] Viri galilaei, quid statis adspicientes in coelum [...]” (*Varones Galileos, ¿qué hacéis mirando al cielo?*).¹¹

Aunque poco después del ataque de Caccini, el superior de la Orden en Roma, el padre Mariffi, se disculpa con Galileo, ello no puede detener el impacto y reacción del ataque dominico en Florencia. En esa ciudad un grupo de opositores al “primer matemático y filósofo” del Ducado de Toscana,¹² celebran el ataque y presionan para que las autori-

11 Dicho ataque ya no hace posible la simple discusión del tema del copernicanismo como una mera hipótesis, aunque no una estricta descripción de lo real. Tampoco es el copernicanismo una simple herramienta que puede ser empleada en la interpretación de fenómenos. Y por supuesto no es la verdad de los hechos. Esta posibilidad de consideración *ex suppositione* del heliocentrismo, con sus ecos de instrumentalismo, es anulada de plano pues se le contrapone a la verdad de las Escrituras. Y negar las Escrituras implica herejía. Y en el contexto de la Contrarreforma de ese entonces, esta situación es de enorme peligrosidad. Véase que una consideración tan radical chocará contra la misma tesis de algunos de los grandes prelados de la Iglesia de ese entonces, como se verá más adelante.

12 Galileo había logrado su nombramiento en la corte de Cosimo II, duque gobernante en Florencia en 1610 gracias a su amistad con él y a la designación de los satélites de Júpiter, el gran descubrimiento realizado en enero de ese mismo año y comunicado en el *Sidereus Nuncius*. Cosimo II había nacido el 12 de mayo de 1590. Su reinado se extiende desde 1609 hasta 1621. Muere, bastante joven, en 1621, el 28 febrero. Fue discípulo de Galileo en 1605 y su mecenas desde 1610; además, su defensor en la crisis del 1616. Su hijo Ferdinando II será menos efectivo en la protección de Galileo en 1633.

dades intervengan contra los seguidores de Galileo y Galileo mismo. Por su parte, Galileo y los suyos tratan de evitar el daño que estas acusaciones, de poco valor científico pero sí de implicaciones religiosas altamente peligrosas por ser acusaciones de posible herejía, movilizando en su favor a personas de alto nivel en la corte florentina y en las estructuras de la Iglesia.

El 5 de marzo de 1616 se hace público un decreto de condena adoptado el 3 de ese mismo mes por la Congregación del Índice, en virtud de la Sentencia de la Congregación del Santo Oficio del 24 de febrero anterior, en que varios libros son suspendidos hasta su corrección, verbigracia, el *De revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico y el *Comentario al libro de Job*, de Diego Zuñiga¹³; condenados y prohibidos totalmente como el libro de Paolo Antonio Foscarini,¹⁴ *Carta sobre la opinión de los pitagóricos y de Copérnico del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol y el nuevo sistema pitagórico del mundo*; y todos los demás libros que profesan la misma doctrina, pero –se asume– no tratan la cuestión de las Escrituras, son prohibidos en general, aunque no condenados.

13 Zuñiga, Diego de. Fraile agustino español. Salamanca. Su *Didaci a Stunica Salmanticensis Eremitae Augustiniani In Job Commentaria (Comentario sobre el Libro de Job)* aparecido a fines del siglo XVI –1584 en Toledo y 1590 en Roma– será, junto con el *De Revolutionibus de Copérnico*, suspendido –hasta su corrección (*donec corrigatur*)– por la Congregación del Índice, según el edicto de 1616. El cardenal Carlo Conti hace referencia a esta obra en 1612, ante una pregunta de Galileo (cf. Geymonant, 1969, 86, nota 3).

14 Foscarini, Paolo Antonio. Orden de los carmelitas. Nace en Calabria, ca. 1580. Muere en 1616, el 10 de junio en el convento de Montalto. Su *Carta sobre la opinión de los pitagóricos...* (Nápoles, 1615) será condenada y prohibida totalmente en 1616.

Eventos y documentos entre estos dos límites temporales serán tratados más adelante. Entre ellos cabe destacar:

1. Los problemas de salud de Galileo durante casi todo el 1615, que le impiden viajar a Roma.
2. La acusación de Lorini ante la Santa Inquisición en Roma, el 7 de febrero de 1615, que se agrava más al ser acompañada de un texto de Galileo que discute las relaciones entre ciencia y las Escrituras, la Carta a Benedetto Castelli¹⁵ de diciembre de 1613.
3. Las investigaciones secretas de la Inquisición, que está obligada a responder ante cualquier denuncia con un procedimiento claramente establecido, durante ese mismo año, tanto en Roma como en Florencia.
4. La declaración personal y voluntaria del dominico Tommaso Caccini ante el Santo Oficio en Roma, el 20 de marzo, que apuntala de manera específica el planteamiento más general de Lorini.¹⁶
5. La publicación de la carta de Paolo Antonio Foscarini –Nápoles, a inicios del año, en la que se argumenta en

15 Castelli, Benedetto. Nace en Brescia, 1578. Monje benedictino. Estudia con Galileo en Padua hacia 1604. Obtiene, con el apoyo de Galileo, la cátedra de matemáticas en la Universidad de Pisa en 1613. En su carácter de profesor de dicha cátedra participa, a fines de ese mismo año, en una discusión sobre el copernicanismo y su posible impacto en la interpretación de la *Biblia* ante la duquesa Cristina de Lorena sobre el copernicanismo. Tal evento motiva a Galileo a escribir su *Carta a Castelli*, para clarificar las relaciones entre la ciencia y la fe en diciembre de 1613. Castelli muere en Roma el 9 de abril de 1643.

16 Lorini, Niccolò. Orden de los dominicos (1580). Nace en Florencia en 1544. Muere después de 1617. Viejo clérigo dominico que lanza el primer ataque contra el copernicanismo en 1612. Luego reitera su

favor del copernicanismo y cómo este es compatible con las Sagradas Escrituras— y sus posteriores contactos epistolares con Bellarmino,¹⁷ que culminan, en la carta del cardenal al padre carmelita, en la que Bellarmino expone su perspectiva del asunto copernicano y, lo que es más significativo, pone en paralelo a Foscarini y a Galileo.

6. La preocupación de Galileo respecto de los peligros del planteamiento de Foscarini aunque sus amigos más cercanos en Roma, por ejemplo, el Príncipe Federico Cesi¹⁸ de la Academia de los Linceos, veían en la *Carta sobre la opinión de los pitagóricos...* un aporte muy positivo en la batalla por el heliocentrismo.

7. El viaje de Galileo a Roma a fines de 1615 con el fin de intervenir personalmente en la defensa del copernicanismo. Ya en 1616, Galileo presenta ante el cardenal Orsini, y luego a su solicitud, redacta un opúsculo sobre el flujo y reflujo de los mares, germen de lo que Galileo considera es la prueba capital del heliocentrismo.

ataque ante la Inquisición en Roma en 1615, desencadenando la serie de eventos definitivos hacia la condena de 1616.

- 17 Bellarmino, Roberto. Nace en Montepulciano, el 4 de octubre de 1542. Orden de los jesuitas (desde 1560). Teólogo de enorme importancia en el proceso de la Contrarreforma. Profesor de Retórica en el *Collegium Romanum*. Nombrado cardenal, a disgusto, en 1598. Será el cardenal inquisidor en la condena y ejecución de Giordano Bruno en 1600. Fue considerado papable pero él mismo dejó claro que no era de su interés. Muere el 17 de septiembre de 1621 en Roma. Se considera candidato a canonización desde el siglo XVII, pero no lo será finalmente hasta el siglo XX.
- 18 Cesi, Príncipe Federico. Fundador y mecenas de la Academia de los Linceos, fundada en 1603. Cesi nace en Roma en 1585 y muere el primero de agosto de 1630. La Academia de los Linceos no sobrevivió a la muerte de su fundador.

8. La implícita exoneración de Galileo –inicios de febrero.
9. La convocatoria de la comisión de teólogos, once, que dictaminarían sobre dos tesis consultadas el 24 de febrero. Dichas tesis y su calificación se plantean a continuación: “[...] Solem esse in centro Mundi, et immobilem motu locali, propositio absurda, et falsa in Philosophia, et formaliter haeretica: quia est expresse contraria Sacrae Scripturae [...]”. “[...] Terram non esse centrum Mundi, nec immobilem, sed moveri motu etiam diurno, est item propositio absurda, et falsa in Philosophia, et Theologicè considerata, ad minus erronea in Fide [...]”¹⁹
10. La resolución final del Santo Oficio el 25 del mismo mes.
11. La convocatoria de Galileo a la casa de Bellarmino, 26 de febrero, para ser informado de la decisión.
12. La resolución de la Congregación del Índice el 3 de marzo y la publicación del correspondiente edicto el 5 de marzo.

De esta larga lista haremos breve referencia, en este momento, a dos eventos. Primeramente a la acusación ante

19 “[...] Que el sol es el centro del mundo, y por consecuencia inmóvil de movimiento local [...]”. “[...] Que la Tierra no es centro del mundo ni está inmóvil, sino que se mueve de por sí, etiam de movimiento diurno [...]”. Respecto de la primera “[...] Todos dijeron que tal proposición era necia y absurda desde el punto de vista filosófico, y formalmente herética, ya que contradice expresamente afirmaciones de las Sagradas Escrituras en muchos pasajes, tanto atendiendo a su significado literal como a la común explicación y sentido que les han dado los Santos Padres y los doctores en teología [...]”. Respecto de la segunda. “[...] Todos dijeron que esta proposición merece idéntica censura que la anterior desde el punto de vista filosófico; si se la analiza desde el punto de vista teológico es al menos errónea por lo que se refiere a la fe [...]” (G. Galilei, 1987, 28).

la Inquisición Romana y la reacción de Galileo al edicto condenatorio de la Congregación del Índice.

La gestión de Lorini ante las autoridades romanas de la Santa Inquisición, 1616, se resume en las siguientes palabras que hacen énfasis en los peligros que suponen no solamente las ideas copernicanas sino las consideraciones sobre las Escrituras de la Carta a Castelli-Galileo, que Lorini adjunta: “[...] Porque, además del deber común de todo buen cristiano, es infinita la obligación que tienen los hermanos de Santo Domingo, como aquéllos que por su Santo Padre han sido instituidos guardianes blancos y negros del Santo Oficio, y en particular todos los teólogos y predicadores; por esto yo, el menor de todos y devotísimo siervo y particular de Vuestra Ilustrísima, habiendo llegado a mis manos un escrito, que corre por las manos de todos, hecho por esos que llaman *galileístas*, que afirma que la Tierra se mueve y que el cielo está quieto, siguiendo las posiciones de Copérnico, donde a juicio de todos los Padres de este muy religioso convento de san Marcos hay muchas proposiciones *que nos parecen o sospechosas o temerarias*, como decir que ciertos modos de hablar de la Sagrada Escritura son inconvenientes y que en las discusiones acerca de los efectos naturales esta misma Escritura ocupa el último lugar [...], por esto me he decidido a enviarla a Vuestra Ilustrísima para que, llena de santísimo celo y como por el grado que tiene le corresponde, con sus ilustrísimos colegas, tener los ojos bien abiertos en semejantes materias, pueda, si le parece que hay necesidad de corrección, hacer los reparos que juzgue más necesarios para que *parvus error in principio non sit magnus in fine* [...]” (Geymonat, 1969, 91; XIX, 297-298). Este documento fue dirigido por Lorini al cardenal Millini, del Santo Oficio en Roma, posiblemente porque

consideraron los frailes del convento de san Marcos que la Inquisición en Florencia no era suficientemente diligente.

La reacción de Galileo Galilei al edicto del 5 de marzo de 1616 queda patente en este documento enviado a Florencia el día siguiente, al secretario de Estado toscano, Curzio Picchena,

[...] por lo que ha demostrado el resultado, su opinión [del padre Caccini] no ha hallado correspondencia en la Santa Iglesia, la cual sólo ha decidido que esta opinión no está de acuerdo con las Sagradas Escrituras, de lo cual sólo se prohíben aquellos libros que han querido sostener *ex professo* que no está en desacuerdo con la Escritura, y de tales libros no hay más una carta de un padre Carmelita, impresa el año pasado, que queda prohibida. Diego de Zuñiga [...] queda suspendido *donec corrigatur*... A la propia obra de Copérnico sólo le quitan diez líneas del prefacio a Pablo III en las que explica que le parece que esa doctrina no es contraria a las Escrituras... No se mencionan otros autores. Yo, como se comprende, por la naturaleza misma de la cuestión, no tengo ningún interés, y ni siquiera me habría ocupado de ella si [...] no me hubieran complicado mis enemigos (Geymont, 1969, 105; XII, 244).

2. El segundo contexto

Otro contexto de mayor amplitud temporal puede remontarse al primero de noviembre de 1612, como inicio, y al 3 de junio de 1616 como cierre.

En la primera fecha, Niccolò Lorini, viejo fraile dominico, en sermón pronunciado en el Convento de San Mateo de Florencia, ataca a los copernicanos porque sus doctrinas son contrarias a las enseñanzas de las Escrituras. Pocos días después se retracta de sus acusaciones ante Galileo, insistiendo en que solamente trató el que las tesis de Ipérnico (*sic*) y sus seguidores eran contrarias a la Biblia. Por ello Galileo no le pone mucha atención al asunto y lo deja pasar sin respuesta específica.

En la segunda, Galileo emprende el viaje de regreso a Florencia, luego de una estadía de casi seis meses en Roma, iniciada en diciembre del año anterior.²⁰ Galileo regresa con una carta certificado del cardenal Bellarmino que hacía constar que el científico florentino no había sido directamente afectado por la condena ni se había retractado ante las autoridades, como se comentaba constantemente por sus opositores en Roma y otras ciudades italianas. El documento se tratará en detalle más adelante.

Estadía en Roma que buscaba evitar una condena de las ideas copernicanas y por ende el error de que la Iglesia se

20 Al inicio de esa estadía en Roma, la tercera en su vida, Galileo se instala en Roma, el 11 de diciembre de 1615, en la Trinidad del Monte, la casa del Embajador toscano, Guicciardini. Este diplomático no estaba muy de acuerdo con la visita de Galileo a Roma pues consideraba que el científico podía más bien agravar la situación dada su vehemencia en el debate y su poco tacto diplomático. Además de que en Roma eran muchos los enemigos de las tesis novedosas del florentino tanto en ciencia como en la interpretación de los textos sagrados. En especial en las filas de la orden de los dominicos, pero también en la de los jesuitas. Al fin y al cabo se vive la Contrarreforma, y el Concilio de Trento fue muy claro en la cuestión de cómo y quiénes podían interpretar la *Biblia*. Los eventos ulteriores le otorgaron plenamente la razón al diplomático.

comprometiera con doctrinas falsas que quedarían en evidencia al mostrarse la verdad del heliocentrismo. Un compromiso que golpearía seriamente a la Iglesia, pero Galileo como fiel miembro de aquella trataba de evitar con su participación esclarecedora en lo conceptual y con su búsqueda de apoyos en lo político, mediante contactos personales.

Misión galileana que no alcanzó el resultado deseado sino que sembró las semillas para la futura segunda confrontación de Galileo y la Inquisición, en 1633. Como se verá más adelante, “un acta” formalmente incompleta que describe lo acaecido en reunión del cardenal Bellarmino con Galileo, el 26 de febrero, será pieza central en el segundo juicio inquisitorial.

Evento de gran importancia en este contexto más amplio, es la aparición de las *Cartas sobre las Manchas Solares*, publicada por Galileo en 1613, y que constituyó su más radical afirmación del heliocentrismo copernicano como descripción del universo. Este documento se escribe como una respuesta a las cartas de Apelles, autor anónimo, pero plausiblemente miembro de la orden jesuita y que es duramente criticado por Galileo. Este es un momento crucial en el enfriamiento de las relaciones de Galileo y los soldados de Cristo, que se irá agravando con el paso del tiempo, y que también tendrá serias consecuencias en el futuro, como se dijo anteriormente.

Al cierre de este intervalo de referencia, otro evento destacable es la audiencia papal concedida a Galileo, a pocos días de la publicación del edicto de la Congregación del

Índice. Audiencia en que se reitera el favor de Paulo V²¹ para el matemático florentino.

3. Tercer contexto

Pero, ampliando los dos contextos antes planteados, se puede lanzar una mirada hacia el pasado y ver que Lorini estaba conectado con la “liga de los pichones” –según la despectiva denominación galileana–, y en consecuencia con el grupo de opositores a Galileo que deseaban fervientemente neutralizar las críticas del florentino a la concepción aristotélico-escolástica. Este grupo tenía como su motor principal a Ludovico delle Colombe,²² uno de los críticos de las tesis galileanas de corte arquimediano que se plasman en el *Discurso sobre la flotación de los cuerpos*, 1612. De hecho, Colombe participó

21 Pablo V, Pontífice desde 1605 hasta 1621. Nace en Roma en 1550, el 17 septiembre, como Camillo Borghese. Estudia derecho en Perugia y Padua. Se destaca como jurista y diplomático al servicio del Vaticano. Cardenal en 1596. Es elegido como el 233º Papa de la Iglesia Católica el 16 de mayo de 1605. Muere en Roma el 28 de enero de 1621. Además del conflicto por el copernicanismo en 1616, es muy conocido por el conflicto con Venecia, 1606, en que destacaron Bellarmino por el Vaticano y Paolo Sarpi por Venecia. Y con Inglaterra, conspiración de la pólvora que lleva al Rey Jacobo I a exigir a todos los católicos un juramento que supone el reconocimiento de que el Papa no tiene derecho a deponer al rey. Paulo V prohíbe a los católicos hacer el juramento colocándolos en una situación muy difícil.

22 Colombe, Ludovico delle. Nace en Florencia, el 20 de enero de 1565. Filósofo y científico amateur. Entra en conflicto con Galileo desde los primeros años del siglo XVII hasta el proceso de 1616. Muere después de 1616 pero no se tienen noticias precisas respecto de su muerte.

en el debate previo y luego publicó uno de los documentos, *Discurso Apologético*, en diciembre de 1612, que tratan de refutar a Galileo y su enfoque antiaristotélico.

Este choque entre Galileo y Ludovico delle Colombe es todavía más viejo pues también hace referencia a críticas al *Sidereus Nuncius*, de 1610, la obra señera de Galileo y fundamento para su fama e impacto en el mundo de la astronomía y cosmología. Por ejemplo, delle Colombe rechazaba la existencia de montañas en la luna y por ende su esfericidad no perfecta, rasgo que la asemejaba a la Tierra, según Galileo. Al igual que Johan A. Brengger,²³ médico alemán, delle Colombe supone la existencia de una sustancia transparente que neutraliza cualquier posible irregularidad reestableciendo la supuesta perfecta esfericidad propia de los cuerpos celestes. Vale la pena anotar que Cristopher Clavius,²⁴ quien luego valida el uso científico del telescopio durante el triunfal viaje de Galileo a Roma en 1611, tampoco aceptaba, al inicio, la afirmación de la irregularidad de la superficie lunar. Por ello, delle Colombe lo congratula y aprovecha para criticar a Galileo con el en ese entonces matemático

23 Brengger, Johannes A. Médico alemán en Augsburgo. Estudió en Padua en 1585-7. Probablemente muere después de 1629.

24 Clavius, Christopher, forma latinizada de Cristoph Klaus, (1537-1612), matemático alemán, perteneciente a la orden de los jesuitas (1555) y que formó parte del Colegio Romano. Importante figura en la adopción del calendario Gregoriano. Galileo tendrá contactos con él desde fines del siglo XVI y buscará que él y los matemáticos del Colegio Romano, validen el uso científico del telescopio. Su viaje a Roma de 1611, el segundo de tales viajes, culmina con la aceptación del telescopio como instrumento válido en la investigación de los fenómenos celestes. Esta fecunda relación con los jesuitas se irá debilitando posteriormente hasta el rompimiento total. Y tendrá consecuencias muy serias para el destino de Galileo.

superior del Colegio Romano. Por estos choques contra delle Colombe, Galileo denomina a este y a sus seguidores liga de los pichones.

Aún más temprano, el conflicto de Galileo y su constante opositor puede remontarse a la nova de 1604 y a su interpretación por parte de Galileo. En efecto, Galileo dictó una serie de conferencias sobre el evento y de manera sutil lo relacionó con el copernicanismo. Luego publicó un *Discurso en torno a la nueva estrella* en 1605. Este Discurso provoca enfrentamientos con Capra, Lorenzini y Cremonini que Galileo responde en su *Dialogo di Cecco di Ronchitti*, de 1605. También el tratamiento galileano fue duramente cuestionado por delle Colombe en 1606, en el *Discurso* en que se defiende la tesis de que la *nova stella* no es nueva sino que siempre ha estado en el cielo. Galileo refuta aplastantemente a delle Colombe en un texto conocido como *Consideraciones de Alimberto Mauri*, Florencia, junio de 1606.

En síntesis, la liga de los pichones tiene razones suficientes para instigar siempre que sea posible contra las tesis y la figura de Galileo. Por ello, Niccolò Lorini hace su sermón de 1612, pero más significativamente, a inicios de 1615 –el 7 de febrero– presenta a la Inquisición de Roma no solamente un interrogante sobre las opiniones de Galileo sino que adjunta copia de la *Carta a Castelli* –dirigida por Galileo a Benedetto Castelli como muestra de la peligrosidad de la incursión galileana en el campo de la teología. Y esto realmente cambia el sentido de la cuestión como se dijo más arriba.

4. Optimismo de Galileo

Para volver a los contextos temporales antes planteados y que nos interesan primordialmente, señalemos en primer lugar los documentos galileanos redactados durante aquellos para clarificar las relaciones de la ciencia y la fe y defender el heliocentrismo copernicano y algunas de sus implicaciones cosmológicas:

1. *Carta a Castelli*. 21 de diciembre de 1613.
2. *Cartas a Monseñor Piero Dini*. 16 febrero y 23 de marzo de 1615.²⁵
3. *Carta a la Gran Duquesa Cristina de Lorena*. Redactada por un largo periodo pero finalmente completada en el verano de 1615.
4. *Apuntes previos al proceso de 1616*.
5. *Opúsculo sobre el movimiento de la Tierra*.²⁶

Pero no olvidemos el texto que continúa con los descubrimientos telescópicos de Galileo, que sirven como medio para la más clara afirmación de su copernicanismo e

25 Dini, Piero. Obispo. Nacimiento *ca.* 1570. Muere en Fermo, el 14 de agosto de 1625. Piero es el destinatario para el intercambio epistolar entre Galileo y Bellarmino. En efecto, en la segunda carta, 23 de marzo de 1615, Galileo responde directamente a la petición del Cardenal Inquisidor de comentar el Salmo 19. Por cierto, es llamativo que Galileo lo hace en términos de un neoplatonismo muy fuera del marco de su pensamiento en cuestiones de la naturaleza de lo físico.

26 *El Opúsculo sobre el movimiento de la Tierra*, como suele ser denominado, formaba parte de esos apuntes previos. Pero como posteriormente se lo editó de manera independiente, suele ser citado como obra individual.

inicia el enfrentamiento con miembros de la orden jesuita, a saber: *Cartas sobre las manchas solares* —en la fecha de abril de 1613. Nótese que está ausente del edicto de marzo de 1616.²⁷

Esto coincide con la percepción del asunto por el mismo Galileo, y también de las repercusiones políticas de aquel, en su reacción al edicto. En efecto, Galileo había informado a Florencia, el 6 de febrero de 1616, de que él ha sido exonerado en el asunto en cuestión. “[...] Continuando [...] la relación de mis progresos [...] os diré que mi asunto está completamente acabado en lo que respecta a mi persona, cosa que me ha sido dicha libre y abiertamente por todos esos eminentísimos personajes que examinan estas materias [...]” (Geymonat, 1969, 96).

Interesantemente, poco después el mismo Caccini visitará a Galileo en sus aposentos en la Sede diplomática de Toscana en Roma para, primero, disculparse pues no había tratado de calumniarlo, y luego tratar de convencerlo de lo inadecuado de sus planteamientos. Galileo lo despidió sin muchos miramientos.

Esta visita refuerza todavía más el sentido de la exoneración a Galileo, como también lo demuestra el contenido del edicto de marzo.

En el mismo documento, Galileo, sin embargo señala que debe continuar su lucha, pero por el copernicanismo mismo, esto es, la ciencia por sí, agregamos nosotros.

27 Stillman Drake, anotando la traducción al inglés de la biografía de Galileo por Ludovico Geymonat, apunta que las *Cartas sobre las manchas solares* ciertamente sostienen el copernicanismo pero no lo relacionan con la interpretación de las Sagradas Escrituras, que es lo que el edicto de la Congregación del Índice condena tajantemente.

[...] Pero para que a mi causa se añada un extremo que se refiere no ya a mi persona sino a la universalidad de todos aquellos que de ochenta años a acá, con obras impresas, con escritos privados o con razonamientos públicos y predicciones, o incluso con discursos particulares, se han adherido o se adhieran a cierta doctrina y a cierta opinión no desconocida de Vuestra Ilustrísima Señoría, sobre la determinación de la cual se está discutiendo ahora para poder deliberar lo que sea justo y óptimo, yo, como el que por ventura puedo ser de alguna ayuda para la parte de quien dependa el conocimiento de la verdad que proporcionan las ciencias profesadas por mí, no puedo ni debo dejar de prestar esa ayuda que mi conciencia, como observante católico y como científico, me impone [...] (Geymonat, 1969, 96).

Galileo quiere defender a la ciencia como forma de conocimiento de la imposición de otras formas de discurso y poder. Se debe recordar la afirmación copernicana de que la “matemática se escribe para los matemáticos”, y que otros, predicadores, filósofos y teólogos no deben inmiscuirse con ella.²⁸ Autonomía de la matemática, es decir, la astronomía, la que tendría sus propios criterios para decidir la verdad de sus proposiciones. Pero se puede extrapolar el planteamiento a toda la actividad científica. Así, contrariamente a la estructura del saber medieval, la ciencia no sería una *ancilla theologiae* sino, antes bien, una empresa de conocer autosuficiente respecto de otros saberes. Dicha propuesta copernicana es realmente difícil de aceptar por aquellos acostumbrados a la jerarquía de saberes del aristotelismo escolástico. Y al ser

28 Cf. Copérnico, *De las revoluciones de las esferas celestes*. Prefacio al Papa Paulo III, *in fine*.

Galileo, como Kepler, entusiasta defensor de tal propuesta, enfrentará todo el impacto de la reacción.

Sin embargo, nótese que esa loable resolución de permanecer en Roma aun cuando el problema del copernicanismo no le concierna directamente y lo convierta en uno de los paladines de la ciencia moderna, difícilmente es compatible con las afirmaciones del día siguiente al edicto, en que señala que la condena no le incumbe y que solamente se ha visto involucrado por las acciones de sus enemigos, como se citó en su momento.

5. La realidad. Bellarmino vs. Galileo

Para finalizar con esta ambientación histórico-doctrinal, quisiera hacer referencia a tres documentos que considero claves para la comprensión de este conflicto en 1616 y también del segundo proceso en 1633. Tales documentos son la carta de Bellarmino a Foscarini, del 12 de abril de 1615, la presunta acta de la reunión de Bellarmino y Galileo del 26 de febrero de 1616 y, finalmente, el certificado entregado por el cardenal Bellarmino a Galileo el 26 de mayo de ese mismo año. Comentaré con cierta profundidad el primero, citando sus textos más significativos, y haré breve referencia a los restantes dos.

Primero. Digo que me parece que Vuestra Paternidad y el señor Galileo obran prudentemente al contentarse con hablar hipotéticamente (“*ex suppositione*”) y no absolutamente, como yo siempre he creído que había hablado Copérnico. Pues decir que supuesto que la Tierra se mueve y que el Sol está inmóvil, se salvan mejor todas las apariencias que suponiendo las excéntricas y los

epiciclos, está muy bien dicho, y no supone peligro alguno, y esto le basta al matemático (Galileo, 1986, 111).

El cardenal Bellarmino es tajantemente claro. El heliocentrismo copernicano puede ser empleado por el matemático a manera de suposición, de simple hipótesis, dado que se puede conceder que para salvar las apariencias funciona mejor que los tradicionales epiciclos y excéntricas propios del geocentrismo de viejo cuño. Esto no implica peligro alguno para el matemático, esto es, el calculador o modelizador geométrico de los movimientos aparentes de los planetas. Matemático, no filósofo natural ni, mucho menos, teólogo.

Pero Galileo no escucha el mensaje, claro y rotundo, de que debe evitar ir más allá de la simple hipótesis buscando la verdad objetiva, pues ello sí implicaría peligro de choque contra la verdad de fe de las Escrituras.

Se percibe en este punto un eco de la Carta al Lector con que se inicia la edición del *De Revolutionibus* de Nicolás Copérnico, con su aseveración de que el autor del libro no ha trastocado el orden del Mundo pues lo que afirma es solamente verosímil y no verdad última. Ciertamente es que tal Carta no es coherente con el Prefacio al Papa Paulo III, texto que sí establece la radical distinción entre verdad y falsedad en matemáticas, esto es, astronomía; y también deja claro que la intención del autor es establecer verdades, no verosimilitudes. Claro que la Carta al Lector no era obra de Copérnico sino de Osiander, aunque ello será establecido mucho tiempo después y por astrónomos como Tycho Brahe y Johannes Kepler.

Pero querer afirmar que el Sol está ubicado realmente en el centro del mundo y sólo gira sobre sí mismo sin correr de oriente a occidente, y que la Tierra está en el

tercer cielo y gira con suma velocidad en torno al Sol, es cosa que encierra el peligro no sólo de irritar a todos los filósofos y teólogos escolásticos, sino también de dañar la Santa Fe, al hacer falsas las Sagradas Escrituras [...]. (*Idem*, 111).

Afirmar las tesis copernicanas, no como hipótesis sino como proposiciones que realmente describen la estructura del mundo, tiene también el peligro de no solamente hacer irritar a los doctos filósofos y teólogos escolásticos sino, y ello es más serio, dañar “[...] a la Santa Fe, al hacer falsas las Sagradas Escrituras [...]”. Por supuesto que, en tal caso, quien provoca tal situación incurre en el peor error posible. Caen en el ámbito de la herejía.

Segundo. Digo que, como usted sabe, el Concilio prohíbe explicar las Escrituras contra el consenso común de los Santos Padres; y si V. P. quisiera leer no solamente los Santos Padres, sino también los comentarios modernos sobre el Génesis, sobre los Salmos, sobre el Eclesiastés y sobre Josué, advertirá que todos están de acuerdo en explicar literalmente (“ad literam”) que el Sol está en el cielo y gira a gran velocidad en torno a la Tierra, y que la Tierra está muy alejada del cielo y está inmóvil en el centro del Mundo. Y no se puede responder que esto no es materia de fe, porque si no es materia de fe “ex parte obiecti”, es materia de fe “ex parte dicentis” (*Idem*, 112).

En esta segunda parte de su carta, Bellarmino ahora no solamente hace la referencia necesaria a las prohibiciones del Concilio de Trento y la también necesaria correlación con las interpretaciones hechas por los Santos Padres de la Iglesia, sino que también hace referencia a las tesis de los

comentaristas modernos de textos tan significativos como el *Génesis* y el *Eclesiastés*, y además de otros textos bíblicos discutidos en relación con el movimiento del Sol y su posición en el centro del Mundo, a saber, los *Salmos* y *Josué*. Ahora bien, el cardenal inquisidor anota que todos ellos, los Santos Padres y los comentaristas modernos, coinciden en explicar literalmente “[...] que el Sol está en el cielo y gira a gran velocidad en torno a la Tierra, y que la Tierra está muy alejada del cielo y está inmóvil en el centro del mundo [...]” (*Idem*, 112). E implícitamente extiende el alcance del Concilio de Trento pues estas afirmaciones serían también asunto de fe, ya no solamente por ser temas de moral y salvación, esto es, *ex parte obiecti*, sino por ser afirmadas en el texto sagrado, esto es, *ex parte dicentis*. En otros términos, Bellarmino no solamente amplía el dominio de los defensores de la interpretación oficial de la Escritura, sino que amplía el dominio de la fe a todas las afirmaciones bíblicas. Por ello sería herético “[...] el que afirmase que Abraham no tuvo dos hijos y Jacob doce, como quien dijese que Cristo no nació de una virgen, porque lo uno y lo otro lo dice el Espíritu Santo por boca de los Profetas y de los Apóstoles [...]” (*Idem*, 112). En consecuencia, el ámbito de la posible herejía es enorme y no conviene atreverse en estos asuntos.

Tercero. Digo que si hubiera una verdadera demostración de que el Sol está ubicado en el centro del mundo y la Tierra en el tercer cielo, y que el Sol no gira en torno a la Tierra, sino que la Tierra gira en torno al Sol, entonces sería necesario ir con mucho cuidado al explicar las Escrituras que parecen contrarias, y decir más bien que no las entendemos que decir que es falso lo que se demuestra (*Idem*, 112).

Suponiendo que se diese una demostración de las tesis copernicanas, Bellarmino es claro en que no cabría interpretación heliocentrista de los textos sagrados tantas veces citados, como en el caso de Josué, sino más bien sostener que no se entienden dichos párrafos. Aunque, por supuesto, Bellarmino no cree en tal demostración hasta que le sea presentada de manera explícita y estricta.

E interpretar los textos sagrados en clave heliocéntrica es lo que Galileo y Foscarini están haciendo; el carmelita, previamente a conocer las tesis del cardenal, y Galileo, con posterioridad a abril de 1615, como es obvio en su *Carta a la Duquesa Cristina*, del verano de ese mismo año. O como ya en su visita a Roma, en casa de Orsini, con su teoría del flujo y reflujo de los mares, su teoría de las mareas, que vendría a ser la demostración final del movimiento de la Tierra. Pero si no hay demostración definitiva, en caso de duda, Bellarmino tiene un último recurso, tal como se desprende de sus palabras a continuación.

Pero no creeré que se dé tal demostración, hasta que no me sea demostrada. No es lo mismo demostrar que, supuesto que el Sol esté en el centro y la Tierra en el cielo se salvan las apariencias, que demostrar que verdaderamente el Sol esté en el centro y la Tierra en el cielo. Creo que la primera demostración puede darse, pero de la segunda tengo muy serias dudas, y en caso de duda no se debe dejar la Sagrada Escritura, tal como ha sido explicada por los Santos Padres.

Añado que aquel que escribió: “Sale el Sol y se pone y retorna a su lugar” etc., [...] fue Salomón, el cual no solamente habló inspirado por Dios, sino que fue un

hombre sobre todos los demás sapientísimo y doctísimo en las ciencias humanas y en el conocimiento de las cosas creadas, y toda esta sabiduría la obtuvo de Dios, por lo que no es verosímil que afirmase una cosa contraria a la verdad demostrada o que se podía demostrar (*Idem*, 112).

Salomón afirma que el Sol sale y se pone, esto es, se mueve. Y Salomón es sabio en asuntos humanos y de la naturaleza. Ahora bien, la sabiduría de Salomón proviene de Dios mismo. ¿Cómo podría ser posible que afirme algo contrario a la verdad?

Y como cierre de su carta, Bellarmino rechaza que se argumente que se habla según las apariencias, esto es, que nos parezca que el Sol se mueve aunque en realidad es la Tierra la que gira. Es decir, que pueda distinguirse lo que aparece y lo que es, siendo lo primero no verdadero necesariamente mientras que lo segundo lo sería de suyo. Y para dejar clara la cuestión, el cardenal cita el caso del alejamiento de la playa por un botero, al que le puede parecer que la playa se aleja aunque es la nave la que efectúa el alejamiento. Por ello el botero corrige la percepción errónea. Pero en el caso del Sol y la Tierra no hay necesidad de corrección alguna por algún experto, puesto que el experto experimenta que la Tierra está inmóvil y que el Sol se mueve. Es decir, se ratifica el principio del escolasticismo aristotélico de que la sensación es la vía hacia el conocimiento pleno.

Y si se me dice que Salomón habla según la apariencia, que es que a nosotros nos parece que el Sol gira, mientras que en realidad es la Tierra la que gira, de la misma forma que a quien se aleja de la playa le parece que la playa se aleja de la nave, responderé que quien se aleja de

la playa sabe muy bien que le parece que la playa se aleja de él, no obstante sabe que eso es un error y lo corrige, viendo claramente que es la nave la que se mueve y no la playa; pero en cuanto al Sol y la Tierra, no hay ningún experto que tenga necesidad de corregir el error, porque claramente experimenta que la Tierra está inmóvil y que el ojo no se engaña cuando juzga que el Sol se mueve, como también no se engaña cuando juzga que la Luna y las estrellas se mueven. Y esto basta por ahora (*Idem*, 112 y 113).

Claro que la nueva ciencia y filosofía de ese entonces replantean esta situación gnoseológica, pero las razones son mucho menos evidentes que el ejemplo del cierre de la carta a Foscarini.

El segundo de los documentos supone la comunicación a Galileo de la decisión de condenar el copernicanismo –en las dos proposiciones consideradas por el grupo de teólogos. Dicha comunicación se hace en casa de Bellarmino por decisión del Papa Pablo V y el cardenal el día anterior. Parece que tenía como finalidad asegurarse la conformidad del florentino a los anuncios públicos futuros.

Este documento tiene problemas de validez jurídica y documental que han sido discutidos largamente luego de la condena de Galileo en 1633 y en la reconsideración de todo el tema por iniciativa del pontífice Juan Pablo II, a partir de 1979.

En lo pertinente tiene la forma de un acta de lo acaecido en dicha reunión y de los contenidos de las advertencias de Bellarmino a Galileo en conformidad con la decisión del Santo Oficio avalada por el Papa. La clave del documento radica en la *advertencia o prohibición* “[...] a enseñar, defender o difundir el copernicanismo por cualquier medio, oral o escrito [...]”

(Finocchiaro, 2008, 176), *hecha por el Comisario del Santo Oficio*, el padre dominico Michelangelo Segizi da Lodi. Nótese que no por Bellarmino, para quien habría sido suficiente la comunicación de la condena de las dos tesis y la observación de que no se pueden mantener o defender; y la consecuente aceptación por parte de Galileo. Y ello en concordancia con los deseos papales del día anterior. Ahora bien, la admonición del Comisario dominico, según se desprende de la presunta acta, se profiere antes de la correspondiente aceptación por parte de Galileo. Ahora bien, dicha admonición tendría sentido ante la no aceptación de Galileo. Pero el acta no establece negativa alguna de Galileo. En consecuencia, la tajante participación del Comisario no venía al caso. Pero según el documento, la admonición se hizo y la aceptación de Galileo se permite solamente después de la intervención del comisario y por ende abarcaría ambos discursos de advertencia.²⁹

Y por supuesto, si tal prohibición es un hecho, Galileo la violentó flagrantemente no solo en el proceso de obtener el beneplácito de los censores a su libro ulterior, *Diálogos sobre los dos sistemas máximos: el Ptolemaico y el Copernicano* –1632–, sino también por el contenido del texto, que puede tomarse como una defensa del copernicanismo, a pesar de los recursos literarios empleados por el autor.

Y bien sabemos que dicho documento es pieza clave en la justificación de la Inquisición para condenar a Galileo, casi con independencia del contenido copernicano del libro. Desobediencia que provoca que Galileo caiga en el error filosófico y peor aún, en la herejía.

Por supuesto, Galileo empleará el tercero de los documentos antes enumerados en su defensa, como el intento

29 El documento se reproduce en Finocchiaro, Maurice A., 2008, *The Essential Galileo*.

para neutralizar la supuesta acta y como justificación de la redacción del libro y el proceso de obtención de la autorización de los censores tanto en Roma como en Florencia. En efecto, el cardenal es claro en señalar que Galileo fue advertido de “no defender ni enseñar” las tesis copernicanas condenadas en el edicto de 1616.

El certificado en cuestión dice así:

Nos, Roberto Cardenal Bellarmino, habiendo oído que el señor Galileo Galilei es calumniado o se le atribuye haber abjurado en nuestra presencia, o incluso de haberle sido impuestas por ello saludables penitencias, y siendo solicitada la verdad, decimos que el citado señor Galileo no ha abjurado ante nos ni ante ningún otro aquí en Roma, y menos en otro lugar que nos sepamos, de opinión o doctrina suya alguna, sino que solamente le ha sido comunicada la declaración hecha por Nuestro Señor y publicada por la Sagrada Congregación del Índice en la que se afirma que la doctrina atribuida a Copérnico, de que la tierra se mueve en torno al sol y de que el sol permanece quieto en el centro del mundo sin moverse de oriente a occidente, es contraria a las Sagradas Escrituras, y que, por lo tanto, *no se puede defender ni mantener*. Y para dar fe de ello hemos escrito y firmado la presente con nuestra propia mano (Geymonat, 1969, 106). (El énfasis con cursiva es mío).

Pero el certificado no le sirvió de nada en su defensa pues los inquisidores estaban dispuestos a no ceder en sus objetivos condenatorios avalados por las autoridades en ese 1633. No obstante, esa es otra historia para el futuro.

Referencias

- Babini, José. (1967). *Galileo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Banfi, Antonio. (1967). *Vida de Galileo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Copérnico, Nicolás. (1965). *Las revoluciones de las esferas celestes*. Introducción y notas de Alexandre Koyré. Traducción de Jorge Fernández Chiti. Buenos Aires: Eudeba.
- De Santillana, Giorgio. (1955). *The Crime of Galileo*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Drake, Stillman. (1957). *Discoveries and Opinions of Galileo*. Garden City, N. Y.: Doubleday Anchor Books.
- _____. (1983). *Galileo*. Madrid: Alianza Editorial.
- _____. (1995). *Galileo at Work. His Scientific Biography*. New York: Dover.
- Finocchiaro, Maurice A. (2008). *The Essential Galileo*. Indianapolis & Cambridge: Hackett Publishing Company.
- Fischer, Klaus. (1986). *Galileo Galilei*. Barcelona: Empresa Editorial Herder.
- Galilei, Galileo. (1983). *Consideraciones sobre la opinión copernicana*. En N. Copérnico, T. Digges, G. Galilei: *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*. Madrid: Alianza Editorial.
- _____. (1986). *Cartas del señor Galileo Galilei, académico linceo, escritas a Benedetto Castelli y a la señora Cristina de Lorena, gran Duquesa de Toscana*. Madrid: Alhambra.
- _____. (1987). *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*. Madrid: Alianza Universidad.
- Geymonat, Ludovico. (1969). *Galileo Galilei*. Barcelona: Ediciones Península.

- Navarro Brotóns, Víctor. (1991). *Galileo. Antología*. Barcelona, Ediciones Península.
- Redondi, Piero. (1989). *Galileo Heretic*. London: Penguin Books.
- Reston, Jr., James. (1996). *Galileo*. Barcelona: Ediciones B.
- Sharratt, Michael. (1994). *Galileo. Decisive Innovator*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Westfall, Richard Samuel. (1989). *Essays on the Trial of Galileo*. Vatican Observatory Publication. Special Series: Studi Galileiani.

Capítulo II°

1615, año de crisis. Ataques contra Galileo y sus movidas defensivas³⁰

Javier Fernández Araya

1. Introducción

En este artículo, sostengo una serie de tesis históricas pertinentes a la polémica de 1615-1616 sobre el copernicanismo, a saber,

(a) que la publicación de la *Carta a Castelli* y el posterior desarrollo de la *Carta a la Duquesa Cristina de Lorena* son un importante error político por parte de Galileo;

(b) que durante el año 1615 Galileo atraviesa un periodo de crisis en el que necesita con desesperación de la ayuda de sus aliados; y, finalmente,

(c) cómo, a pesar del peligro inminente y las advertencias de sus allegados, Galileo no tiene más opción que entrar en la boca del lobo.

Para esto haré énfasis en quiénes eran los enemigos de Galileo, cuál era el compromiso de este para con el proceder científico, y qué nos dice sobre esto una serie de documentos redactados por Galileo durante este año, en específico el intitulado *Consideraciones sobre la opinión copernicana*.

30 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LV°, número 141, enero-abril de 2016, páginas 81-86. El artículo forma parte del dossier *Galileo Galilei en 1615 y 1616. Su defensa del copernicanismo y su primera colisión contra el Santo Oficio*.

2. Galileo, sus enemigos y la teología

En primer lugar, aclaro que no seré tan atrevido de afirmar que el publicar textos en los que se tratan temas teológicos fue *el* error fundamental de Galileo, y que la condena de 1616 no habría sucedido sin estos textos. Sin embargo, sí haré énfasis en que por culpa de su discurrir sobre estos asuntos, Galileo es centrado en la mira del Santo Oficio; definitivamente, aunque no es la chispa de ignición, es catalizador del proceso.

Galileo ha tenido una serie de interlocutores polémicos durante los años anteriores a 1615, como el jesuita Christopher Scheiner en la discusión sobre las manchas solares o el profesor Magini, el profesor de astronomía de Bologna, quien se opone a los resultados de la exploración telescópica. No obstante, es más peligroso el enemigo que no se deja ver, y en el caso de Galileo este papel lo tienen Niccolò Lorini, Tommaso Caccini y Ludovico delle Colombe. Los primeros dos, florentinos y frailes dominicos, y Colombe, también florentino, pero filósofo y astrónomo miembro de la Academia Florentina. Este esfuerzo de oposición a Galileo y el copernicanismo es llamado por él la Liga de las palomas, ya que *'colomba'* significa, en la lengua italiana, paloma.³¹ El asunto comienza a alcanzar temperaturas de ebullición gracias a la difamación pública que emprenden

31 Quisiera notar la exquisitez de los insultos galileanos. Otra instancia. Por ejemplo, una vez que muere Giulio Libri, Galileo comenta en una carta sobre este personaje que se negó a mirar por el telescopio: “habiendo nunca querido mirarlas [las estrellas mediceas], tal vez las verá en su camino al cielo”. Cf. Carta de Galileo a Welsler, del 17 de diciembre de 1610. *Opere*, XI, 14.

los dominicos y el filósofo de Florencia³² Colombe lo hace desde 1610, oponiéndose a los descubrimientos telescópicos. Lorini lo hace en noviembre de 1613, en un sermón contra los peligros de la “nuevas teorías” (cf. Santillana, 1976, 27), en contra de matemáticos y seguidores de Galileo a quienes llama galileístas. Caccini, un año después, denunció públicamente a matemáticos y galileístas desde el púlpito en Florencia. El ambiente comienza a ponerse tenso, ya que en Roma también comienza a figurar el nombre de Galileo en boca de dominicos hostiles.

En diciembre de 1613, en la corte de Florencia, la duquesa Cristina de Lorena mantiene una conversación en la cual don Benedetto Castelli, alumno querido de Galileo, defiende la tesis heliocéntrica de los ataques teológicos, asumidos por la duquesa. Castelli pide a Galileo mayor aclaración sobre este debate, con lo que comienza a circular la *Carta a Castelli*. En ella, Galileo intenta conciliar copernicanismo y escritura, demostrando mediante argumentos físicos y teológicos cómo pueden interpretarse el milagro de Josué y la Escritura en temas de la naturaleza. Esta carta, que circula hasta incluso llegar a manos de Bacon en Inglaterra, es obtenida también por Lorini, quien en febrero de 1615 envía una copia a las autoridades inquisitorias, alarmando con que los “galileístas” andan por allí diciendo barbaridades, entre ellas: que el lenguaje de las Sagradas Escrituras no significa lo que en principio parece significar, que en las discusiones sobre los fenómenos naturales la autoridad del texto sagrado debe venir de último, que los comentaristas de las Escrituras habían estado equivocados, que las Escrituras solo deberían

32 Stillman Drake, biógrafo de Galileo, no se explica de dónde sacó Colombe la reputación de astrónomo, matemático y poeta, ya que sus publicaciones no lo justifican (1995, 445).

concernir a asuntos de religión, que la evidencia astronómica es más valiosa que la divina, y el problemático tema del milagro de Josué.³³

La mala intención se hace evidente cuando de Santillana compara la copia de la carta que Lorini envió con una copia original, y vemos que la primera viene con falsificaciones en puntos clave de la carta. Donde el original dice “Hay en la Escritura palabras que parecen diferir de la verdad si se toman en sentido literal”, la copia dice “son falsas en el sentido literal”, y donde el primero dice “La Escritura no se abstiene de oscurecer dogmas de los más esenciales”, el segundo cambia la palabra ‘oscurecer’ por ‘pervertir’ (cf. Santillana, 1976, 46). La mala intención la vemos también cuando Lorini termina su llamado de alarma con la oración “[...] Yo, que mantengo que aquellos quienes se llaman galileístas son hombres de orden y buenos cristianos, pero un poco más que sabios y orgullosos de sus propias opiniones, declaro que lo único que me mueve en este asunto es el celo por la Sagrada Causa [...]” (Santillana, 1976, 46). Es interesante notar el empleo del término ‘galileístas’, ya que no existió nunca nadie que se hiciera llamar así, y parece más bien un simple mecanismo retórico para hacer ver la polémica más grande de lo que en realidad era.

En realidad, Galileo había mordido el anzuelo, y aunque hay autores que defienden la *Carta a Castelli* como una muestra de prudencia y mesura, el hecho es que comienza a escribir sobre la interpretación de las escrituras, con lo cual,

33 Josué X°, 12°-14°: “Entonces Josué habló a Jehová, el día en que Jehová entregó al amorreo delante de los hijos de Israel, y dijo en presencia de los israelitas: «Sol, detente en Gabaón, y tú, luna, en el valle de Ayalón.» Y el sol se detuvo, y la luna se paró, hasta que la gente se vengó de sus enemigos.

en Roma, se alzan banderas.³⁴ Las autoridades inquisitorias se movilizan en investigación. En febrero de 1615, Galileo escribe dos cartas a Monseñor Piero Dini. La primera, del 16, comienza con evidencia de que Galileo está al tanto de los ataques que “desde el púlpito” se les hicieron a él y a los matemáticos en general. Se refería sin duda a las de Caccini en diciembre del año 14. Seguidamente, muestra conocimiento de que la *Carta a Castelli* está siendo utilizada para exponer sus herejías en cuanto a la utilización de las autoridades sagradas en discusiones naturales y sobre el milagro de Josué. Y continúa:

Pero puesto que por parte de ningún otro que ha visto dicha carta me ha sido hecho el menor reparo, empiezo a dudar que tal vez quien la haya copiado pueda, sin darse cuenta, haber cambiado alguna palabra; tal cambio, unido a una cierta predisposición a la crítica, puede hacer que las cosas aparezcan de modo muy distinto al que fue mi intención (Galilei, 2006, 47).

Las sospechas de Galileo atinan; recordemos que no hay forma de que él conozca de la carta enviada a la Inquisición. En la misma carta a Dini, Galileo le pide dirigirle una auténtica copia de la *Carta a Castelli* al cardenal Bellarmino, quien en ese momento es dirigente de la investigación.

Caccini, como seguidilla del mismo esfuerzo antigalileano, consigue una audiencia con el Santo Oficio el 20 de

34 Recordemos los anticuerpos que el luteranismo y el calvinismo generan en el movimiento católico. El Concilio de Trento muestra que la Iglesia no ha tomado bien la libertad de interpretación de las Escrituras.

marzo, donde descarga las *abominables* afirmaciones que los tales galileístas andaban sosteniendo, incluida entre ellas que la existencia de Dios es accidental y no subsistente por sí misma, que Dios es un ser sentiente y que puede reír y llorar, y que los milagros de los santos no son verdaderos milagros. También liga a la figura de Galileo con la del excomulgado Paolo Sarpi, con la cual Caccini sabe que puede difamar aún más al astrónomo.

3. Año de crisis

El hecho de que Galileo se apresure a aclarar los malentendidos de su primera carta, haciendo circular copias auténticas a los inquisidores, es señal de lo presionado que se encuentra en este momento. Esto se evidencia también por el hecho de que se preocupara por replantear los argumentos allí expuestos. Como le explica a Dini en la primer carta, el documento había sido escrito con prisa, ya que su salud no le permitía más, y deseaba dedicar más tiempo a considerar y pulir sus argumentos.

Un mes antes, el 12 de enero de 1615, Federico Cesi le aconseja proceder con cautela.

En cuanto a la teoría de Copérnico, Bellarmino mismo, que está entre las figuras principales de las congregaciones preocupadas con estas cosas, me ha dicho que él lo considera herético, y que el movimiento de la Tierra es, sin duda alguna, contrario a la Escritura: para que veas cómo se sostiene el asunto. Siempre me he preguntado si acaso, cuando él lo encuentre conveniente, mencionaría a Copérnico en la Congregación del Índice y lo

prohibiría, ni hay necesidad de decir nada más (Westfall, 1989, 10).

De esto podemos colegir varias cosas. Pero más importante, como señala Westfall, es el hecho de que en el encuentro de 1615 entre Galileo y Bellarmino, ambos llegaron con sus opiniones ya formadas. Esto, junto con el hecho de que los argumentos escriturales de Galileo, formulados probablemente con ayuda de Castelli, eran en el mejor de los casos intentos amateur para un señor cardenal del calibre de Bellarmino,³⁵ apunta también a que no había oportunidad de resolver la polémica por vías argumentativas. Sencillamente, las posturas acerca de la naturaleza de la ciencia diferían profundamente entre Bellarmino y Galileo, y es el aspecto político del asunto el que resulta decisivo; el resultado de la condena ya estaba prescrito en la postura del cardenal frente a la nueva astronomía.

Este es el contexto en el que se escriben las *Consideraciones sobre la opinión copernicana*, en abril o mayo de 1615. Consta de tres fragmentos que contienen los argumentos principales en defensa del copernicanismo y su relación con las Escrituras, textos que sin embargo no fueron publicados ni puestos en circulación. En cuanto al motivo de su no publicación, no me atrevo más que a dar la siguiente especulación, ya que la naturaleza de dichos opúsculos es oscura: Al leer el contenido del primero de los opúsculos (los otros dos repiten los argumentos en contra de la acusación de oposición a las Escrituras), encuentro la posibilidad de que Galileo haya encontrado insatisfactorios los argumentos aquí presentados. El estilo retórico no es tampoco el que acostumbra producir

35 El cardenal Bellarmino formó parte de la comisión que enjuició a Giordano Bruno en 1600.

el astrónomo, sino que es desordenado y denso. Se halla el caso también de que uno de sus principales argumentos descansa sobre una falacia de afirmación del consecuente, y además de eso, enmarañado y apenas comprensible, nada usual de parte de Galileo. Es posible que haya decidido comenzar de nuevo, haciendo una mejor reelaboración de la defensa ofrecida en la *Carta a Castelli*. En síntesis, estos opúsculos parecen ser los intentos fallidos de lo que terminaría siendo la *Carta a la Duquesa Cristina de Lorena*.

Sean o no estas las razones de que no se hayan publicado estos textos, vemos en ellos intentos apresurados por salir del lío inquisitorio, es decir, intentos por conciliar al copernicanismo con la Escritura, ya que este era el peligro inminente. Galileo recogía aliados de donde podía, y tramitaba sus favores con extrema cautela. Su salud llevaba ya más de un año de estar en pobre estado, lo cual dificultaba aún más la tarea, y sus opositores habían conseguido lo que buscaban: poner tanto a Galileo como al copernicanismo en directa investigación inquisitoria.

Si el astrónomo florentino alguna vez se logra salvar, no es por convencimiento ni por uso de razones y argumentos, sino por política. Galileo es un sujeto con amigos en Roma, como Federico Cesi, su patrón de la Academia de los Linceos, y el cardenal Barberini, que años después sería elegido Papa Urbano VIII. Además, Bellarmino no le guarda rencores personales, sino que se preocupa únicamente por librar a la Santa Madre Iglesia del ataque de las herejías.

El decreto redactado el 5 de marzo de 1616 no es contra Galileo, sino que aparecen los nombres de Copérnico, el español Diego de Zúñiga y el padre Foscarini, y solo de este último se prohíben textos, mientras que los de los otros dos deben ser “[...] suspendidos hasta ser corregidos [...]”

(Galilei, 2006, 110). Es cierto que de la reunión entre Galileo y Bellarmino se tiene muy poca información, ya que ni siquiera los testimonios posteriores de Galileo han de servirnos como crónicas fidedignas. Galileo dice años después que Bellarmino no le había prohibido nada. Algunos historiadores dicen que probablemente llegaron a un acuerdo, y otros que Bellarmino dejó libre a Galileo después de darle una seria advertencia. Podemos estar seguros, según creo que ha sido demostrado, de que el juego de 1615–1616 se juega entre la cautela y lo políticamente correcto.

4. Galileo, Bellarmino y la naturaleza de la ciencia

Sobre el papel y la naturaleza del proceder científico, deberíamos empezar por el texto no publicado de Galileo, ya que aquí encontramos una alusión directa al conflicto epistemológico del proceder científico. En las *Consideraciones*, Galileo hace la distinción categorial entre dos tipos de suposiciones adoptadas por los astrónomos:

(a) las que “[...] refieren a lo que es absolutamente verdadero en la naturaleza [...]” y

(b) las que “[...] se introducen con fin de dar cuenta de los movimientos de los astros, apariencias que en cierta forma no parecen ajustarse a las primeras y verdaderas suposiciones [...]” (Galilei, 1983, 80).

Así, clasifica dentro del primer grupo las posiciones ptolemaicas de que todos los movimientos celestes son circulares, de que el cielo es esférico, de que la Tierra permanece en el centro, etc., y dentro del segundo grupo las posiciones ptolemaicas que introducen los epiciclos y las excéntricas. “[...] Es de estas segundas suposiciones de las que cabe decir

que son utilizadas por el astrónomo a fin de satisfacer sus cálculos, sin comprometerse en modo alguno a afirmar que sean verdaderas en la naturaleza [...]” (Galilei, 1983, 81).

El problema que Galileo encuentra con esta afirmación, es que no concibe realmente que un verdadero astrónomo, en este caso Ptolomeo, considere que la introducción de excéntricas y epiciclos es una mera fantasmagoría o una ilusión, sino que es necesario que mantenga una interpretación realista para no terminar contradiciéndose a sí mismo. Según Galileo esto sería como quien ve que la suma ‘D’+‘T’+‘O’ logre formar la palabra ‘OMBRA’.

En la segunda carta a Dini de 1615, escribe lo siguiente:

Le digo que en cuanto a salvar las apariencias, el mismo Copérnico se había tomado ya antes la molestia de hacerlo, dando satisfacción al grupo de astrónomos de acuerdo con la establecida y admitida doctrina de Ptolomeo, pero después, vistiéndose con el hábito del filósofo, y considerando si tal constitución de las partes del universo podría existir *in rerum natura*, y viendo que no, y pareciéndole también que el problema de la constitución real era digno de ser indagado, se puso a investigar tal constitución, sabiendo que si una disposición de las partes del universo hipotética y no verdadera podría satisfacer las apariencias, con mayor razón se conseguiría con la constitución verdadera y real (Galilei, 2006, 83).

Lo que encontramos es un Galileo comprometido con la explicación literal de la naturaleza, uno que pone en boca del mismo Ptolomeo el realismo científico y cuya descripción geométrica de la naturaleza no puede ser quimérica, sino un modelo adecuado de su representación.

Bellarmino, por otro lado, quien digiere la tradición medieval de “salvar el fenómeno” (cf. Westfall, 1989, 13), comprende el valor hipotético de una teoría como la copernicana. Sin embargo, en su carta resalta que es más bien la palabra de la Escritura la que tiene la última palabra no solo en teología sino en materias científicas también. Bellarmino entiende que el heliocentrismo no solo es herético, sino últimamente y decisivamente incorrecto, desde el punto de vista de la ciencia y de la filosofía.

Mantengo que en este choque radical de posturas sobre el rol de la ciencia natural se sostiene el plano político del asunto. Galileo no puede concebir un modelo de ciencia que se detenga en explicar las apariencias sin aprehender el núcleo mismo de la naturaleza. Los distintos tratados a través de su obra muestran el deseo de una sistematicidad y una armonía teórica, según lo demuestra el hecho de que sus obras tardías recogen incluso sus más tempranos tratados sobre el movimiento, la inercia, los cuerpos, etc. En la otra mano, tenemos a un cardenal con fama de bonachón quien demuestra ser un jesuita con tendencias debatiblemente progresistas, pero cuya postura es tan inamovible como la verdad divina misma.

5. Conclusiones

Puedo concluir que en efecto hay un peso fundamental en el tratar de hacer interpretación de los pasajes bíblicos por parte de Galileo, un peso que vuelca la lente de la Inquisición sobre la polémica Galileo-Copérnico. Esto es evidente, ya que como he afirmado anteriormente, sus apelaciones a la Escritura son bastardizadas para atraer la atención de la

Inquisición, tanto a través de cartas como de testimonios en Roma. He de retornar al énfasis de que la condena no es contra Galileo o contra sus argumentos, sino que las cartas y los argumentos de Galileo evidencian el momento en el que estas nuevas teorías podían “ensuciar” a la religión, es decir, proponer lecturas heréticas, y eso es lo que no está permitido. Vemos también un periodo donde Galileo está presionado a reaccionar, considera que es mejor reelaborar sus argumentos, su enfermedad no afloja y, a pesar de la adversidad, por su actitud hacia el rol de la ciencia y de la naturaleza, no puede dejar de mantener el realismo científico. Este último hecho prepara también el terreno para nuevos choques contra la Inquisición, en los todavía lejanos años por venir.

Referencias

- Galilei, G. (2006). *Carta a Cristina de Lorena*. Madrid: Alianza.
- _____. (1983). *Opúsculos Sobre el Movimiento de la Tierra*. Madrid: Alianza.
- Santillana, G. (1976). *The Crime of Galileo*. Chicago: University of Chicago Press.
- Westfall, R. (1989). *The Trial of Galileo: Bellarmino, Galileo, and the clash of two worlds*. Cambridge: Science History Publications Ltd.

Capítulo III°

En defensa de Galileo.
Análisis del Concilio de Trento (1545–1563)
a la luz de las cartas a Castelli (1613) y
a la señora Cristina de Lorena, Gran
Duquesa de Toscana (1615)³⁶

Esaú Herrera Solís

1. Introducción

En el momento de despegue de su carrera científica y académica (1610), Galileo Galilei (1564–1642), el matemático, físico y astrónomo, padre de la construcción de la ciencia moderna, se encuentra a las puertas de la primera (1616) de las dos investigaciones más peligrosas de su vida.

Este compendioso ensayo se focaliza en los documentos que lo llevaron a la primera investigación que realizaron los Tribunales de la Santa Inquisición la cual culmina en una condena contra el copernicanismo, contra el cambio de miras, contra el desarrollo de las ciencias, en la que nuestro gran astrónomo y físico salió mellado de una manera indirecta.

A partir de la publicación del *Sidereus Nuncius* (*El mensajero de los astros*, o *El mensaje de los astros* o *La Gaceta sideral*) en

36 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LV°, número 141, enero-abril de 2016, páginas 67-80. El artículo forma parte del dossier *Galileo Galilei en 1615 y 1616. Su defensa del copernicanismo y su primera colisión contra el Santo Oficio*.

1610, libro de un tal fuste que cambia la astronomía observacional, astronomía en la que el astrónomo (valga el pleonismo) con sus simples sentidos observa los cielos, describe los movimientos de los astros en la cúpula celeste, construye modelos para explicar el camino de los planetas y teoriza acerca de la estructura del universo, con el fin de salvar las apariencias y solventar los errores en los que incurren las diversas teorías que los filósofos sostienen en sus propuestas cosmológicas, astronomía en las que existe un sujeto (que observa desde la Tierra la cabalgata de los astros y planetas) y un objeto (planetas, astros, lunas, meteoros, cometas y otros).

Por su parte, el *Sidereus Nuncius* modifica y revoluciona la manera de hacer ciencia. La nueva astronomía planteada y construida en este escueto libro, que se asemeja a una libreta o cuadernillo de anotaciones de las observaciones realizadas por Galileo, deja atrás la dualidad sujeto—objeto y va a contener a una tríada dentro de su dominio. A partir de la construcción y difusión del telescopio en Europa, primeramente como un “juguete” para los reyes y su corte, posteriormente utilizado con fines militares para la defensa de ciudades ante los embates del enemigo, se cuele como por arte del azar en las manos de un profesor de matemáticas, un ejemplar de este grandioso instrumento, el cual logra reproducir y, como por arte del destino de toda la humanidad, levanta su mirada hacia la inmensidad de la oscuridad y contempla por primera vez antes que todos, una vía repleta de estrellas, planetas y lunas que nunca antes persona alguna había contemplado. La nueva astronomía no pretende salvar las apariencias de las propuestas cosmológicas de los tercios filósofos, que rehúsan ver por el instrumento las pruebas de su derrota; todo lo contrario, la nueva astronomía pretende proporcionarnos las experiencias posibles para darnos el material de respaldo

para crear nuevas cosmologías y, a su vez, liberarse de las amarras que tiempo atrás la ataban injustamente.

Los descubrimientos son tan estremecedores que el mundo tiembla porque se dio cuenta de que gira como los otros planetas y el Sol se enaltece como el astro rey que comanda en el centro los giros de toda la orquesta sideral.

La ciencia ha dado el giro y ha cambiado para mejor, la nueva astronomía le enseña a la ciencia que no sólo objeto y sujeto están involucrados en la construcción del conocimiento, se ha colado desde ese momento y para siempre la figura de mayor importancia para el desarrollo y descubrimiento científicos, el instrumento, el tercer elemento de la triada, el cual nos permite ver tanto la inmensidad en lo infinito como el microcosmos de lo diminuto. El instrumento debe superar nuestras capacidades sensibles, no son gafas que nos deja en la línea limítrofe, son telescopios que nos permiten ver más allá de nuestras capacidades humanas.

A partir de los descubrimientos de 1609, las teorías copernicanas presentes en el *Sidereus Nuncius* (editado en 1610) provocan las inquinas y desprecios de los filósofos y astrónomos aristotélicos y ptolemaicos, hasta que por fin en 1616 se logran condenar las teorías heliocéntricas tanto en la obra de Galileo como en la obra de Nicolás Copérnico.

Las intrigas contra el matemático de Pisa se llevaron en por lo menos dos frentes diferentes que se reunieron en los Tribunales de la Santa Inquisición. El primer frente se dio en las cortes de los propios mecenas de Galileo, es decir, en la corte de los Medici. El segundo frente, este en contra de Galileo y los matemáticos, fueron los sermones injuriosos de Tommaso Caccini en la iglesia de Santa María Novella de Florencia (20 de diciembre de 1614), que culminaron con

una denuncia ante el Santo Oficio en 1614. No hay que olvidar la denuncia de Niccolò Lorini el 7 de febrero de 1615.

El presente ensayo pretende analizar dos cartas que escribió Galileo como parte de su apología contra estas intrigas antes del cierre de las investigaciones sobre el copernicanismo que realizó el Santo Oficio de la Inquisición.

El destinatario de la primera carta de Galileo fue para el padre dom Benedetto Castelli (1578-1643), discípulo y colaborador del benedictino Galileo. Esta carta puede ser el detonador de las investigaciones contra el físico pisano. La epístola se convirtió en objeto de pugna y escrutinio para el Santo Oficio.

La destinataria de la segunda carta es ni más ni menos que Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana, madre de Cosimo II, el cual nombró a Galileo primer matemático y filósofo de los Medici así como su protegido, esto gracias a la calificación de Planetas Mediceos a las recientes descubiertas lunas de Júpiter, honrando a la familia completa con el mayor de todos los descubrimientos astronómicos del *Sidereus Nuncius* y de las obras sobre astronomía del autor. Por otro lado, la carta es más una respuesta a los teólogos aclarando las intenciones y las tesis expuestas en la carta al padre Castelli.

Con el fin de abordar de una manera más esclarecida las disputas que se le presentaron a Galileo, primeramente se deben abordar los puntos estrechamente relacionados con el Concilio de Trento (y con la Contrarreforma), específicamente con el tema de la debida interpretación bíblica, el papel de los intérpretes y los límites de la interpretación misma.

Posteriormente, se realizará el análisis de las tesis presentes en las dos cartas anteriormente nombradas. Con el fin de evaluar el desarrollo presente en cada una de las cartas

y su evolución, se evalúa el tema de la interpretación de la *Biblia*.

Para lograr este cometido se propone la siguiente pregunta de investigación. ¿Galileo en sus dos cartas violenta alguna cláusula o prohibición del Concilio de Trento en materia de interpretación bíblica? Mi hipótesis o respuesta previa es que Galileo no viola cláusula alguna, respeta el orden y observaciones de la exégesis en cuanto a materia que pertenezca a cuestiones de fe y costumbres de la Iglesia, así como respeta el proceder en la investigación de todas las demás cuestiones de otra índole que no sean las de fe o costumbres de carácter religioso.

El presente artículo hace uso de la paginación de la edición llevada a cabo por Antonio Favaro, *Opere*, Edizione Nazionale, Florencia, G. Barcera Editore, 1968, presente en la traducción de Moisés Gonzáles (Alianza Editorial, S. A., 1987). Para ello se utiliza el método de APA para citación, y se agrega, después del número de página del texto que corresponde a la edición de Alianza, el número correspondiente al de la paginación de la edición de Antonio Favaro.

2. El Concilio de Trento (1545–1563)

En el transcurso de dieciocho años, desde el 13 de diciembre de 1545 hasta el cierre del Concilio el 4 de diciembre de 1563 (cf. Kirsch, 1912, 1), se da el desarrollo del concilio ecuménico décimo noveno de la Iglesia católica, el cual se ocupa de una amplia gama de temas de tipo teológico y de la fe misma. Podemos nombrar temas de gran importancia según una lista de decretos impuestos para toda la estructura de la Iglesia.

Primeramente, el decreto sobre las Sagradas Escrituras (sesión IV^a); el decreto sobre el pecado original y el decreto sobre la Reforma (sesión V^a); el decreto sobre la justificación, en el que se reafirma el valor de la fe junto al de las buenas obras, quizá uno de los decretos más importantes de todo el concilio (sesión VI^a, dividida en dieciséis capítulos); el decreto de la elección de libros y de que se convida a todos al Concilio por un salvoconducto, en el que se manifiesta la necesidad de una lista de libros prohibidos (sesión XVIII^a).

Quizá la sesión VI^a sea la más importante de todo el Concilio por los temas que trata y la situación histórico-política en la que se encuentran imbuidas la Gran Iglesia y la Reforma protestante precedida por Martín Lutero (1483-1546). Este Concilio se autonombra Reforma, pero realmente debe llevar el nombre 'Contrarreforma'. Esto se debe al objetivo que pretende: lograr atacar la Reforma protestante³⁷ gestada por Martín Lutero y posteriormente por Juan Calvino (1509-1564).

Nótese que el Concilio de Trento finaliza en el año 1563 (finalizado en el mes de diciembre exactamente) y que el nacimiento de Galileo acaece el año siguiente. De lo que podemos inferir que Galileo vivió en la plena puesta en marcha del Concilio; en otras palabras, Galileo vive durante el nacimiento y auge del protestantismo pero también en el momento de la Contrarreforma católica y vive en Italia, lugar de influencia inmediata del Papa y la Iglesia.

Examinemos la primera sesión de acuerdo con el orden de aparición: La *sesión IV^a*, celebrada el 8 de abril de 1546.

37 Se considera el inicio de la Reforma protestante a partir de la colocación de las Noventa y cinco tesis en la puerta de la Iglesia de la corte de Wittenberg, el 31 de octubre de 1517 por parte de Martín Lutero (cf. Alberigo, 1961, 51).

La sesión se encuentra delimitada en el acápite sobre *Las Sagradas Escrituras* y posee dos decretos: el primero es el *Decreto sobre las escrituras canónicas* y el segundo es el *Decreto sobre la edición y uso de la sagrada Escritura*. Es el segundo decreto el que tiene importancia para esta investigación, sus temáticas versan sobre la capacidad de las interpretaciones en lo que se refiere a temas pertenecientes a la fe y las costumbres. En relación con el tema de la edición auténtica u oficial de la *Biblia* para su uso público deberá ser la denominada edición *Vulgata* en el idioma latín. El texto reza así:

Considerando además de esto el mismo sacrosanto Concilio, que se podrá seguir mucha utilidad a la Iglesia de Dios, si se declara qué edición de la sagrada [sic] Escritura se ha de tener por auténtica entre todas las ediciones latinas que corren; establece y declara, que se tenga por tal en las lecciones públicas, disputas, sermones y exposiciones, esta misma antigua edición *Vulgata*, aprobada en la Iglesia por el largo uso de tantos siglos; y que ninguno, por ningún pretexto, se atreva o presuma desecharla (López de Ayala, 1798a, párrafo 12).

Primeramente, el problema reside en el uso de una edición oficial de la *Biblia*, para llevar a cabo todas las actividades eclesiásticas y académicas en torno de disputas teológicas bíblicas, limitando a su vez, mediante el uso de un idioma restrictivo como es el latín, su empleo a un pequeño grupo de *personas* educadas, las cuales eran porcentualmente muy exiguas y de clases altas o religiosas. La posibilidad de lectura de las Sagradas Escrituras se limita y el resto de la población debe limitarse a ir a misa o al culto a escuchar y no entender en absoluto las enseñanzas de la *Biblia*, dejando

completamente de lado la discusión sobre los temas por tratar por parte de la mayoría de la población.

El otro tema es aún más delicado y restrictivo. La interpretación de las Sagradas Escrituras queda aún más parcializada, restringidas las interpretaciones a un grupo reducido que puede leer latín y al cual le sea expresamente permitido exponer sus ideas sobre aquellas.

Decreta además, con el fin de contener los ingenios insolentes, que ninguno fiado en su propia sabiduría, se atreva a interpretar la misma sagrada [*sic*] Escritura en cosas pertenecientes a la fe, y a las costumbres que miran a la propagación de la doctrina cristiana, violentando la sagrada [*sic*] Escritura para apoyar sus dictámenes, contra el sentido que le ha dado y da la santa madre Iglesia, a la que privativamente toca determinar el verdadero sentido, e interpretación de las sagradas letras; ni tampoco contra el unánime consentimiento de los santos Padres, aunque en ningún tiempo se hayan de dar a luz estas interpretaciones (López de Ayala, 1798a, párrafo 12)

La restricción es explícita, nadie que crea tener un ingenio o presuma de tener uno que le permita interpretar la *Biblia* puede hacerlo, ya que solo los dictámenes de los sujetos que vehiculan el denominado Magisterio eclesiástico pueden proceder a dar una interpretación de las Sagradas Escrituras.

Esto es muy claro, solo aquellas personas que pertenecen a la estructura jerárquica de la iglesia tienen esos derechos (interpretativos), y es más que evidente que no todos dentro de esta estructura serán aceptados para dar su opinión –interpretación de pasajes bíblicos. Por ello resuenan las figuras de los santos Padres un poco más adelante. Sin embargo, la restricción a la interpretación limita su área de

influencia a una especial temática, aquella que trata sobre las *cosas pertenecientes a la fe y las costumbres que miran a la propagación de la doctrina cristiana*. Esta limitación es importante en términos de los temas por tratar. Sin una aclaración de este estilo los conflictos entre religión y ciencias serían múltiples, como múltiples son los temas y afirmaciones en los que se enfrentan estas dos actividades humanas.

Ahora bien, una pregunta emana de esta delimitación: ¿Qué tratamiento queda o debe dárseles a los demás temas que no tratan de fe o de costumbres? El texto no plantea explícitamente la respuesta a esta pregunta (tampoco plantea la pregunta en cuanto tal), pero esto permite abrir un portillo muy claro y muy amplio en relación con la libertad de estudio o investigación en la ciencia sobre diversos temas, y por otro lado expone la *no restricción* de llevar a cabo interpretaciones *sobre cuestiones diferentes de las de la fe y las costumbres cristianas*, elemento que será constantemente utilizado por Galileo en los argumentos expuestos en la *Carta a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana*.

Un elemento muy interesante de este decreto es un efecto colateral de la idea de la interpretación y su difusión. La impresión de la *Biblia* y de otros documentos con contenidos teológicos o bíblicos será bajo supervisión. La orden es clara:

[...] Y queriendo también, como es justo, poner freno en esta parte a los impresores, que ya sin moderación alguna, y persuadidos a que les es permitido cuanto se les antoja, imprimir sin licencia de los superiores eclesiásticos la sagrada Escritura, notas sobre ella, y exposiciones indiferentemente de cualquier autor, omitiendo muchas veces el lugar de la impresión, muchas fingiéndolo, y lo

que es de mayor consecuencia, sin nombre de autor [...] (López de Ayala, 1798a, párrafo 12).

Lo importante es que no se pena la traducción de las Sagradas Escrituras por sí mismas, pero sí su difusión y este es uno de los elementos en pugna contra la Reforma de Lutero.

Aunque no se pena de forma explícita la traducción de las Sagradas Escrituras, es más que evidente que la traducción a los idiomas vernáculos implica una interpretación filológica (por una parte) y algo más importante, la intención que se encuentra atrás de esto es posibilitar la difusión del texto a muchas más personas en su idioma, lo que potencia una evaluación e interpretación propia o por lo menos el análisis de la palabra por parte del vulgo en general, una de las intenciones de Lutero y su Reforma. A la luz de esta observación podemos entender el decreto antes expuesto.

Examinemos la segunda sesión de acuerdo con el orden de aparición. La *sesión V^a, celebrada el 17 de junio de 1546*. La sesión se encuentra delimitada en el acápite sobre *El pecado original*. Posee dos decretos, el primero es el *Decreto sobre el pecado original* y el segundo es el *Decreto sobre la reforma* (dividida en dos capítulos). Son el segundo decreto y el *Capítulo I. Que se establezcan cátedras de sagrada Escritura*, aquellos que nos incumben. Su importancia reside en la delimitación de personas dentro de la Iglesia para exponer e interpretar las Sagradas Escrituras, de manera que se especifica y amplía el tema tratado en la sesión V^a sobre la interpretación bíblica, ahora expuesta en el contexto de la praxis eclesiástica en la Iglesia.

Que en las iglesias en que hay asignada prebenda o prestamera, u otro estipendio, bajo cualquier nombre que sea, para los lectores de sagrada teología, obliguen a los Obispos, Arzobispos, Primados, y demás Ordinarios de los lugares, y compelan aun por la privación de los frutos, a los que obtienen tal prebenda, prestamera, o estipendio, a que exponga e interpreten la sagrada [sic] Escritura por sí mismos, si fuesen capaces, y si no lo fuesen, por substitutos idóneos que deben ser elegidos por los mismos Obispos, Arzobispos, Primados y demás Ordinarios (López de Ayala, 1798a, párrafo 20).

Este párrafo nos muestra el verdadero espíritu del concilio respecto de la posibilidad de interpretación de la *Biblia*. Solamente un grupo muy restricto (*lectores de sagrada teología*) tiene la posibilidad de realizar lecturas “críticas” o interpretativas, todos incluidos dentro del orden jerárquico de la Iglesia católica, y si por alguna razón las capacidades de estas personas se encuentran disminuidas para poder interpretar pasajes de la *Biblia*, puede que a alguien se le permita realizar la interpretación siempre y cuando sea elegido por algún miembro de este grupo selecto.

Aunque parece que esta restricción de la interpretación bíblica sea solamente aplicada en la lectura dentro de los límites de la Iglesia y sus ritos, a inmediata continuación se amplía tal restricción a un rango mucho más amplio.

En adelante empero, no se ha de conferir la prebenda, prestamera, o estipendio mencionado sino a personas idóneas, que puedan por sí mismas desempeñar esta obligación; quedando nula e inválida la provisión que no se haga en estos términos. *En las iglesias metropolitanas, o catedrales, si la ciudad fuese famosa, o de mucho vecindario, así*

como en las colegiatas que hay en población sobresaliente, aunque no esté asignada a ninguna diócesis, con tal que sea el clero numeroso, en las que no haya destinada prebenda alguna, presamiera, o el estipendio mencionado (López de Ayala, 1798a, párrafo 20). (El énfasis con cursiva es mío).

Ocupémonos de la tercera y última sesión que tiene una repercusión directa sobre la crisis de la primera investigación a la cual Galileo fue sometido y sobre la condena de 1616 contra el copernicanismo, tercera en orden de aparición también.

La sesión XVIIIª, celebrada el 26 de febrero de 1562 (segunda sesión celebrada en tiempo del sumo Pontífice Pío IV) con un solo decreto, Decreto de la elección de libros, y de que se convide a todos al concilio por un salvoconducto. Su importancia reside en la construcción de un listado de libros censurados parcialmente o por completo.

Y habiendo reconocido ante todas cosas, que se ha aumentado excesivamente en estos tiempos el número de libros sospechosos y perniciosos, en que se contiene y propaga por todas partes la mala doctrina; lo que ha dado motivo a que se hayan publicado con religioso celo muchas censuras en varias provincias, y en especial en la santa ciudad de Roma, sin que no obstante haya servido de provecho alguno medicina tan saludable a tan grande y perniciosa enfermedad; ha tenido por conveniente, que destinado varios Prelados para este examen, considerasen con el mayor cuidado qué medios se deban poner en ejecución respecto de dichos libros y censuras “[...] Quiere, pues, que todas estas cosas lleguen a noticia de todos, como en efecto las pone por medio del presente decreto [...]” (López de Ayala, 1798b, párrafo 99)

Este es el germen del inicio del *Índice de los libros prohibidos*, el cual es el martillo por excelencia contra los académicos, tanto por la censura parcial o total que se le impone al libro o afirmaciones concretas por ser prohibidas y modificadas, en el caso de que se encuentren afirmando sentencias contrarias a lo dispuesto en la *Biblia*.

Será utilizado como un instrumento de represión en contra de las nuevas teorías científicas emergentes, las cuales no aceptaban el aristotelismo reinante de las cátedras de filosofía de las universidades. Copérnico, Galileo, Kepler y hasta Descartes, encontraran muchas de sus obras enlistadas en este *Índice* represor por excelencia del conocimiento.

3. La exégesis bíblica

Existe una gran variedad de temas tratados y desarrollados por Galileo en las dos cartas enviadas a Castelli y a Cristina de Lorena, gran Duquesa de Toscana, escritas originalmente en italiano.

Los textos se pueden dividir en dos temas diferentes. El primero es el referente a la exégesis bíblica, en consideración de la posibilidad de realizar una variedad de interpretaciones desde diferentes puntos de vista. El segundo tema es el que versa estrictamente sobre la interpretación del pasaje del libro de *Josué*, capítulo xº, 12º-13º y la disputa de la movilidad o inmovilidad de la Tierra y el Sol, tema astronómico de fondo.

En esta investigación se tratan la posibilidad de la exégesis bíblica, las afirmaciones y argumentos en favor de construir una interpretación de las Sagradas Escrituras (primero de los dos temas expuestos anteriormente). El segundo tema

es expuesto en el artículo “¿Una defensa del copernicanismo? Cartas a Castelli (1613) y a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (1615)” (cf. Herrera, 2014).

A continuación se presenta un cuadro con las diferentes afirmaciones críticas expuestas por Galileo, en las dos diferentes cartas, en relación con la interpretación bíblica, los intérpretes y la materia que corresponde a cuestiones naturales, los tres subtemas en los que se pueden dividir los diferentes argumentos del físico del siglo XVII. Además, se suman elementos de los diferentes decretos del Concilio de Trento que se relacionan de forma estrecha con las afirmaciones que realiza Galileo, con fines comparativos.

El cuadro presenta cuatro diferentes columnas. La primera columna, de izquierda a derecha, presenta el número consecutivo según las afirmaciones de las dos diferentes cartas analizadas. La segunda columna presenta las afirmaciones en torno del tema de la exégesis bíblica de la carta enviada a Castelli. La tercera columna presenta las afirmaciones, en torno del tema de la exégesis bíblica, de la carta enviada a la Gran Duquesa Cristina de Lorena. La cuarta y última columna presenta la posición de la Iglesia según lo dispuesto en el Concilio de Trento en relación con las afirmaciones que se suscitan en las dos cartas. Cabe aclarar que los espacios en blanco representan el vacío de alguno de los documentos en comparación con las afirmaciones realizadas en otro documento. El orden de las afirmaciones dentro del cuadro se realiza por sus similitudes y no por su orden de aparición en las cartas. Los decretos se disponen según la relevancia y el tema de las afirmaciones.

Cuadro 1.
Afirmaciones y decretos sobre la exégesis bíblica en la carta a Castelli, en la carta a la Gran Duquesa Cristina de Lorena y en el Concilio de Trento.

| # | Carta a Castelli | Carta a Cristina de Lorena | Concilio de Trento |
|-----|--|---|---|
| I | La Sagrada Escritura no puede mentir o equivocarse, sus decretos son de una verdad absoluta e inviolable (una vez nombrado, página 40). | La Sagrada Escritura no puede mentir o equivocarse, siempre que se haya comprendido su verdadero espíritu (dos veces nombrado, página 69). | A la santa madre Iglesia le toca determinar el verdadero sentido e interpretación de las escrituras (sesión IV ^a). |
| II | No se debe atener al estricto significado literal de las palabras (tres veces nombrado, páginas 40 y 41). | No se debe atener al estricto significado literal de las palabras (tres veces nombrado, páginas 70, 73 y 90). | Existen interpretaciones oficiales por parte de la Santa Iglesia, los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios (sesión IV ^a -sesión V ^a). |
| III | Las sagradas Escrituras requieren explicaciones distintas del significado aparente de las palabras (una vez nombrado, página 40). | Las Sagradas Escrituras requieren explicaciones distintas del significado aparente de las palabras, dadas por teólogos y santos padres (una vez nombrado, página 84). | El consentimiento unánime de los santos Padres, “[...] aunque en ningún tiempo se hayan de dar a la luz estas interpretaciones [...]” (López de Ayala, 1798a, sesión IV ^a , párrafo 12). (Sobre el sentido y la interpretación de las sagradas escrituras). |
| IV | El uso de las palabras y el significado literal de las Sagradas Escrituras fueron utilizados por la incapacidad que muestra el pueblo llano (dos veces nombrado, páginas 40 y 41). | El uso de las palabras y el significado literal de las Sagradas Escrituras fueron utilizados por la incapacidad que muestra el pueblo llano (seis veces nombrado, páginas 69, 84, 85 y 86). | En la ciudad, iglesia o catedral, con o sin diócesis, solo la santa Iglesia, los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios (o substitutes) pueden desempeñar la obligación de transmitir la palabra e interpretarla para todos los ciudadanos (sesión IV ^a -sesión V ^a). |

| # | Carta a Castelli | Carta a Cristina de Lorena | Concilio de Trento |
|------|---|--|--|
| V | <p>Dos verdades no pueden jamás contradecirse (dos veces nombrado, páginas 41 y 43).</p> <p>Los intérpretes deben encontrar los verdaderos significados e indicar las razones concretas por las que fueron expresados con tales palabras (dos veces nombrado, páginas 40 y 41).</p> | <p>Dos verdades no pueden jamás contradecirse (dos veces nombrado, páginas 73 y 82).</p> <p>Los intérpretes deben encontrar los verdaderos significados e indicar las razones concretas por las que fueron expresados con tales palabras (tres veces nombrado, páginas 69, 73 y 84).</p> | <p>El consentimiento unánime de los santos Padres, “[...] aunque en ningún tiempo se hayan de dar a la luz estas interpretaciones [...]” (López de Ayala, 1798a, sesión IV^a, párrafo 12). (Sobre el sentido y la interpretación de las Sagradas Escrituras) (sesión IV^a).</p> |
| VI | | | |
| VII | <p>Los intérpretes y comentaristas pueden equivocarse (una vez nombrado, página 40).</p> | <p>Los intérpretes y comentaristas pueden equivocarse (una vez nombrado, página 69).</p> | <p>A la santa madre Iglesia le toca determinar el verdadero sentido e interpretación de las Escrituras (sesión IV^a).</p> |
| VIII | <p>No se puede afirmar con certeza que todos los intérpretes hablen por inspiración divina (una vez nombrado, página 40).</p> | <p>No se puede afirmar con certeza que todos los intérpretes hablen por inspiración divina (una vez nombrado, página 74).</p> | <p>Solo los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios o substitutos idóneos electos por los antes mencionados pueden ser considerados intérpretes (sesión IV^a-sesión V^a).</p> |
| IX | <p>Existen discusiones sobre temas naturales aparte de las discusiones sobre temas de Fe (dos veces nombrado, página 42).</p> | <p>Existen proposiciones estrictamente naturales aparte de las del ámbito sobrenatural y <i>de Fide</i> (seis veces nombrado, páginas 73, 79, 84, 85, 87 y 93).</p> | <p>“[...] Que ninguno fiado en su propia sabiduría, se atreva a interpretar la misma sagrada [<i>sic</i>] Escritura en cosas pertenecientes a la fe y a las costumbres, que miran a la propagación de la doctrina cristiana, violentando la sagrada [<i>sic</i>] Escritura [...]” (López de Ayala, 1798a, sesión IV^a, párrafo 12, el resaltado es mío).</p> |

| # | Carta a Castelli | Carta a Cristina de Lorena | Concilio de Trento |
|-----|---|--|--------------------|
| X | <p>Algunas palabras de la Escritura no son tan equívocas, pero todo efecto de la naturaleza sí es por completo inequívoco (median en ella los límites interpuestos por las leyes) (una vez nombrado, página 41).</p> | <p>No todo lo dicho por la Escritura está ligado a obligaciones, como sí lo está todo efecto de la naturaleza (por el conjunto de leyes y límites que le han sido impuestos) (una vez nombrado, página 70).</p> | |
| XI | <p>Por la razón de que la naturaleza es inequívoca, los santos Padres y sabios intérpretes deben esforzarse en encontrar el verdadero sentido de la palabra para que se revelen acordes con las conclusiones de la naturaleza en los temas que no son <i>de Fide</i> (una vez nombrado, página 41).</p> | <p>Si existe certeza de que las conclusiones naturales deben ser utilizadas como medios oportunos para la verdadera explicación de las Escrituras. Para lograr esto se propone un orden: al momento de discutir sobre problemas naturales, la prioridad corresponde a las experiencias sensibles y a las demostraciones, dejando por fuera todo tema <i>de Fide</i> (una vez nombrado, páginas 70-71).</p> | |
| XII | | <p>Aunque existan dos sentidos posibles para entender la teología, sólo uno es el adecuado (una vez nombrado, página 78).</p> | |

Elaboración propia a partir de la carta a dom Benedetto Castelli, de la carta a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana, y del Concilio de Trento (1545–1563).

La dos cartas exponen los temas que van a desarrollarse desde el inicio de la redacción. Podemos nombrar tres temas principales: el primero, las Sagradas Escrituras y su interpretación; el segundo, las cuestiones naturales y su papel ante los pasajes bíblicos; el último, el pasaje de *Josué* que tiene por tema de fondo el movimiento del Sol y la inmovilidad de la Tierra. Aunque las dos difieren en la manera de expresar estos temas. La carta a Castelli se presenta de esta manera:

[...] me han dado ocasión para volver a considerar, en general, algunas cosas acerca de la apelación a las Sagradas Escrituras en las discusiones sobre cuestiones naturales, y algunas otras en particular acerca del pasaje de Josué, que le fue propuesto, como contrarios al movimiento de la Tierra y a la inmovilidad del Sol (Galilei, 1987, 40/282).

El mismo tema es así presentado en la carta a Cristina de Lorena:

El motivo, pues, que ellos aducen para condenar la teoría del movimiento de la Tierra, y la inmovilidad del Sol, es que, leyéndose en las Sagradas Escrituras en muchos pasajes, que el Sol se mueve y que la Tierra está quieta, no pudiendo jamás la Escritura mentir o equivocarse, necesariamente se sigue que es errónea y condenable la proposición de quien quiera afirmar que el Sol es por sí mismo inmóvil y móvil la Tierra (Galilei, 1987, 68/315).

Estos párrafos pueden ser entendidos como la introducción al tema por tratar en las cartas. La enviada a la Gran Duquesa Cristina es un tanto más sutil y no expone todos y cada uno de los puntos de mayor importancia de todo el

texto cuando surgen discusiones en algún tema que les compete a ambas, *i. e.*, la relación existente entre *las cuestiones naturales* y *las Sagradas Escrituras*, y se enfoca entonces en el tema del movimiento e inmovilidad del Sol y la Tierra.

En el caso de ambas cartas, la cantidad de páginas escritas para cada tema no es equitativa, ambas enfocan sus esfuerzos argumentativos en los dos primeros temas, al punto de que se entrelazan por doquier. El tercer tema es aislado y expuesto de una forma más ordenada. En la carta a Castelli, Galileo escribe cinco páginas de un total de siete para los primeros dos temas, esto equivale a un setenta y uno por ciento de la carta. En el caso de la otra, Galileo dedica veintisiete páginas de un total de treinta y tres para los primeros dos temas, esto equivale a un ochenta y uno por ciento de la redacción de la carta.

Se nota que el autor tiene la intención de dejar en claro los argumentos, cortamente desarrollados, de la carta a Castelli. También podemos aseverar que el desarrollo en la segunda carta se enfoca nuevamente en los dos primeros temas. La intención es clara: se debe exponer minuciosamente el tema de la interpretación y su relación con las cuestiones naturales, solo así se puede abordar con “libertad” el tema del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol.

En consideración de los argumentos que deben confluir para posibilitar la realización de la exégesis de pasajes de la *Biblia*, ha de tenerse suficiente “libertad” para argumentar, sin que sea necesariamente juzgada tal argumentación como un acto sujeto a la pena de la Inquisición.

Para evitar este trágico proceso, Galileo plantea un argumento principal que funciona como el centro de giro de los demás argumentos secundarios, los cuales pretenden explicar, reforzar y ampliar la postura principal del autor

(expuesta en este argumento). Se pretende reconstruir una posible manera de ordenar las diversas afirmaciones que hace Galileo en las dos cartas como parte de un gran argumento, debido a que las afirmaciones son presentadas en forma desordenada en las cartas. Es importante entender que las cartas son documentos no académicos y por ello no se solicita de ellas un desarrollo expositivo tan estricto, pero ello no justifica la incoherencia ni las inconsistencias.

Se expone a continuación en extenso todo el cuerpo del argumento presentado en la Carta a Castelli:

En cuanto a la primera pregunta genérica de la Señora Serenísima, me parece que prudentísimamente fue propuesto por ella y concedido y establecido por Vuestra Paternidad, que *la Sagrada Escritura no puede jamás mentir o equivocarse, sino que sus decretos son de una verdad absoluta e inviolable*. Tan sólo habría añadido que, si bien la Escritura no puede errar, *sí podría no obstante equivocarse alguno de sus intérpretes y comentaristas*, y eso de varios modos; entre los cuales uno gravísimo y muy frecuente, *consistirá en querer atenerse siempre al significado literal de las palabras*, porque de esa forma *aparecerían en ellas no sólo diversas contradicciones, sino también graves herejías e incluso blasfemias*, pues sería necesario atribuir a Dios pies, manos y ojos, así como afectos corporales y humanos, como de ira, de arrepentimiento, de odio, y también alguna vez el olvido de las cosas pasadas y la ignorancia de las futuras. Por tanto, así como en la Escritura se encuentran muchas proposiciones las cuales, *si tenemos en cuenta el significado literal de las palabras, tienen apariencia distinta de la verdad, pero fueron puestas de esa forma para acomodarse a la incapacidad del pueblo llano*, así para aquellos pocos que merecen ser separados de la plebe *es necesario que los sabios intérpretes encuentren los verdaderos significados y nos indiquen las razones concretas por*

las que fueron expresados con tales palabras (Galilei, 1987, 40/282).³⁸ (El énfasis con cursiva es mío).

Este es el argumento principal. Descompongamos sus partes:

1. Primera proposición: Las Escrituras no mienten ni se equivocan, son verdaderas de forma absoluta (la Iª afirmación del Cuadro 1).

2. Segunda proposición: Intérpretes y comentaristas pueden equivocarse (recreando contradicciones, herejías y blasfemias) a la hora de tratar las Escrituras, al atenerse al significado literal de las palabras (cf. la VIIª afirmación del Cuadro 1).

Conclusiones:

1. El significado literal de la Escritura tiene una función específica, aunque en apariencia sean distintas de la verdad, función consistente en acomodarse a la incapacidad presente del pueblo llano (cf. la IVª afirmación del Cuadro 1).

2. Es necesaria la interpretación de la Escritura por parte de los sabios (proporcionando el verdadero significado y las razones [cf. la VIª afirmación del Cuadro 1]), para las personas que forman parte del pueblo llano.

La primera conclusión posee una serie de variantes a lo largo de las dos cartas. Son las expuestas en el Cuadro 1, IIª y IIIª afirmaciones, aquellas que amplían la idea de fondo. Primeramente se expone la necesidad de no utilizar el significado literal de la Escritura palabra por palabra, la segunda

38 Para revisar la postura expuesta en la Carta a Cristina de Lorena, cf. Galilei, 1987, 69/315.

introduce la necesidad de interpretación de las Escrituras, de lo cual se desprende la necesidad de intérpretes que deben justificar (conclusión 2), mediante razones, el significado de aquellas partes no tan diáfanas que producen conflictos entre posturas interpretativas disímiles. Lo que introduce un importante segundo argumento sobre los intérpretes:

Más aún, siendo como se ha dicho que las Escrituras por las razones aducidas admiten en muchos pasajes interpretaciones distintas del significado de las palabras y, además, *no pudiendo nosotros afirmar con certeza que todos los intérpretes hablen por inspiración divina, pues, si así fuese, ninguna diversidad existiría entre ellos*, acerca de los sentidos de los mismos textos, *creo que obraría muy prudentemente si no se permitiese a ninguno el comprometer los textos de la Escritura y, en cierto modo, obligarles a tener que sostener como verdaderas estas o aquellas conclusiones naturales*, de las que alguna vez los sentidos y las razones demostrativas y necesarias nos pudiesen demostrar lo contrario (Galilei, 1987, 73-74/320).³⁹ (El énfasis con cursiva es mío).

El giro es importante: si las Sagradas Escrituras han sido interpretadas, no podemos tener seguridad de que todas y cada una de las interpretaciones hayan sido mediadas por Dios, por lo que hace de todas las interpretaciones, interpretaciones dudosas y falibles (cf. la VIIIª afirmación del cuadro 1). Esto se evidencia por las múltiples interpretaciones que existen sobre el sentido de un texto. Y por ello es justo y consecuente (o así lo supone Galileo) la obligación de tener que proporcionar razones convincentes (probar) cuando se produce una nueva interpretación. Pero la balanza debe ser

39 Para revisar la postura expuesta en la Carta a Castelli, cf. Galilei, 1987, 41-42/283-284.

inclinada más en favor del científico en general y para ello se respalda en el Concilio de Trento a la hora del trazado de los límites de la materia o temas que pueden ser interpretados fuera del seno de la Iglesia y el Magisterio de la Iglesia (cf. la afirmación IX^a del cuadro 1):

Y ¿quién pretenderá poner límite a los ingenios humanos?, ¿quién se atreverá a afirmar, que sea ya sabido todo aquello que es cognoscible en el mundo? Y por esto, *fuera de los artículos concernientes a la salvación y a los fundamentos de la Fe* [...] sería un óptimo consejo el que no se añadiesen otros sin necesidad (Galilei, 1987, 42/284). (El énfasis con cursiva es mío).

En la Carta a Cristina de Lorena se concreta la idea asumiendo nuevamente dos temas dentro de la Escritura (concebidos como dos ámbitos de discusión diferentes), uno sobre *cuestiones de Fe y de las costumbres* que deben ser tratadas por los Santos Padres, y otro tema compuesto por las *cuestiones naturales* (sobre las cuales versa la ciencia [cf. la afirmación IX^a, cuadro 1]), las que primeramente “[...] se debe considerar si están incuestionablemente demostradas, o si son conocidas mediante experiencias sensibles, o bien si un tal conocimiento y demostración pueda darse [...]” (Galilei, 1987, 84/332). De esta manera se complementa la idea expuesta en la frase anterior, en la que se propone obligar a los intérpretes a sostener como verdaderas las conclusiones a las que ha llegado el conocimiento en temas naturales.

Surgen de esto nuevamente dos preguntas. Primeramente, ¿por qué deben los intérpretes aceptar la postura de la obligatoriedad de sostener las conclusiones sobre temas naturales a la hora de dar razón del significado de las Escrituras? La segunda pregunta es de rigor: ¿cuál es la

extensión de esta obligación interpuesta por Galileo a los intérpretes bíblicos? La respuesta a las dos preguntas produce la postura que necesita Galileo para poder justificar la interpretación de la *Biblia* a la luz de los conocimientos científicos. La primera pregunta tiene una respuesta muy contundente y es repetida en las dos cartas (cf. la afirmación V^a, cuadro 1):

En vista de esto, y siendo, como se ha dicho, *que dos verdades no pueden contradecirse*, es función de los sabios intérpretes el esforzarse por encontrar los verdaderos sentidos de los pasajes sagrados, que indudablemente concordarán con aquellas conclusiones naturales de las que tuviésemos de antemano certeza y seguridad por la evidencia de los sentidos o por las demostraciones necesarias (Galilei, 1987, 73/320). (El énfasis con cursiva es mío).

Esta primera respuesta es contundente, si alguien se da a la tarea de explicar *pasajes sagrados* para encontrar el verdadero sentido de aquellos (ya que su sentido literal está puesto en duda), debe adecuarse a los conocimientos que ha proporcionado la ciencia o más estrictamente verdades como los denomina Galileo (ya que dos verdades no pueden contradecirse; cf. la afirmación V^a, cuadro 1). Pero surge una limitación muy clara, solo podemos exigir este proceder si el tema en discusión es de índole natural y no *de Fide*.

Para poder dar respuesta a la segunda pregunta podemos utilizar la propuesta que elabora Galileo en relación con la forma en que se deben llevar a cabo las interpretaciones bíblicas. Primeramente la propuesta de Galileo surge de una idea un tanto controversial a la luz de las propias afirmaciones iniciales de las dos cartas. Se expone primeramente la afirmación sobre la obligación de seguir los efectos de la

naturaleza, después se expone la propuesta del físico italiano sobre el tema de la interpretación.

[S]iendo la naturaleza inexorable e inmutable, sin preocuparse para nada que [*sic*] sus ocultas razones y modos de obrar estén o no al alcance de la comprensión de los hombres, por lo que jamás transgrede los límites de las leyes que le son impuestas, parece que aquello de los efectos naturales que la experiencia sensible nos pone delante de los ojos o en que concluyen las demostraciones necesarias, *no puede ser puesto en duda por pasajes de la Escritura que dijeren aparentemente cosas distintas, ya que no toda palabra de la Escritura es tan unívoca como lo es todo efecto de la naturaleza* (Galilei, 1987, 41/283). (El énfasis con cursiva es mío).⁴⁰

Esta frase abre la senda para plantear la propuesta final de Galileo sobre la posibilidad de la interpretación de las Sagradas Escrituras y el orden que debe seguirse, a la hora en que se realizan las interpretaciones, entre los dos temas contrapuestos, es decir, el tema de *Fide et moribus* (sobre la fe y las costumbres) y el tema de las cuestiones naturales.

Pero no por esto quiero inferir, que no deba tenerse la máxima consideración de los pasajes de las Sagradas Escrituras; *al contrario, cuando hayamos obtenido certeza de algunas conclusiones naturales, debemos servirnos de ellas como medios muy oportunos para la verdadera explicación de esas Escrituras*, y para la búsqueda de aquellos sentidos que en ellas necesariamente se contienen, como certísimas y concordantes con las verdades demostradas. Considero por esto que la autoridad de las Sagradas Escrituras tiene

40 Para revisar la postura expuesta en la Carta a Cristina de Lorena, cf. Galilei, 1987, 70/316-317.

la intención de persuadir principalmente a los hombres de aquellos artículos y proposiciones que, superando todo humano discurso, no pueden por otra ciencia ni por otro medio hacerse creíbles, más que por boca del mismo Espíritu Santo (Galilei, 1987, 70-71/317).⁴¹ (El énfasis con cursiva es mío).

La propuesta abre las puertas de la prioridad a la ciencia para dar veredicto sobre temas diferentes de los de la fe y las costumbres. Esto quiere decir que la *Biblia* debe ser leída e interpretada primeramente a la luz de los conocimientos científicos del momento, situación que obliga no solo a los científicos sino a sabios, santos Padres y al Magisterio completo de la Iglesia a adecuar sus explicaciones a criterios de racionalidad básicos, como lo son los descubrimientos científicos y los conocimientos recolectados a lo largo del tiempo por la humanidad.

Este es el primer paso que debe realizarse en la propuesta de la exégesis bíblica galileana, si entendemos la interpretación bíblica como un proceso.

¿Qué sucede si este primer paso no logra su cometido de interpretar la forma literal de las Sagradas Escrituras? Si el primer paso del proceso no es fructífero y ninguna ciencia puede dar una explicación mediante una razón posible del significado literal de un pasaje o texto, el siguiente paso por seguir es aceptar la autoridad de las Sagradas Escrituras y del

41 Para revisar la postura expuesta en la Carta a Castelli, cf. Galilei, 1987, 41/282-283. La propuesta es más atemperada. Propone que los santos padres y sabios se esfuercen en encontrar el verdadero sentido de las Escrituras y se revelen acordes con las conclusiones naturales.

Espíritu Santo como último recurso para poder entender y explicar pasajes “oscuros”.

Esta última parte del proceso debe ser respetada no solo para los temas de orden natural sino de orden sobrenatural (fe) y de costumbres. Lo que podemos apreciar es un cierre en el que el autor cede de forma perspicaz el poder y da la última palabra a la Iglesia para que proporcione la interpretación oficial.

4. Conclusiones

Primeramente, hay que evaluar el fuero interno de la propuesta galileana. No todo está bien en esta argumentación. Existe un problema entre la primera y la décima afirmación expuestas según el cuadro 1, en la carta a Castelli (en la carta a Cristina de Lorena se resuelve el problema disponiendo de la leyenda “siempre que se haya comprendido su verdadero espíritu”, dando la apertura necesaria para poder mantener en pie la décima afirmación).

Según la primera afirmación, la Sagrada Escritura no puede jamás mentir o equivocarse, sino que sus decretos son de una verdad absoluta e inviolable (cf. Galilei, 1987, 40/282).

Pero la décima afirmación propone poner las leyes de la naturaleza y las conclusiones de las ciencias (descubiertas mediante la experiencia sensible o las demostraciones necesarias sobre los efectos naturales) en una posición privilegiada. Para lograr este cometido Galileo afirma que es la naturaleza la inexorable e inmutable y que no toda palabra de la Escritura es tan unívoca como lo es todo efecto de la naturaleza (cf. Galilei, 1987, 41/283). Esto evidencia una

contradicción entre ambas afirmaciones de mayúscula importancia en la argumentación, de la cual no hay explicación para solventar el error cometido. Y si esto es correcto, no hay una justificación real para disponer primero de las conclusiones naturales y no de las Escrituras y sus decretos para realizar la exégesis.

Ahora evaluemos las afirmaciones de Galileo a la luz del Concilio de Trento. Para lograr una buena interpretación del Concilio hay que tomar por batuta la afirmación de la sesión IV^a, en la que divide en dos grandes temas a las Sagradas Escrituras (cf. la afirmación IX^a, Cuadro 1). La primera área es la que abarca los temas de fe y costumbres (*de Fide et moribus*), la segunda está constituida por todas las demás temáticas. A partir de estas distinciones, las demás afirmaciones del Concilio (cf. el Cuadro 1, afirmaciones I^a, II^a, III^a, IV^a, VI^a, VII^a, VIII^a) cobran un sentido diferente. La restricción de intérpretes (obispos, padres, etc.), la interpretación oficial para la Iglesia (verdadero sentido) y el consentimiento de los santos Padres limitanse a los temas *de Fide et moribus*, elemento que respeta a cabalidad Galileo. Esto se evidencia en su propuesta de exégesis, la cual implementa una cláusula final permitiendo a la Iglesia, mediante las Sagradas Escrituras y el Espíritu Santo, ser la última “palabra” o ser el último veredicto en cuanto a la interpretación bíblica atañe.

En relación con el segundo tema, ¿qué tratamiento queda o debe dárseles a los demás temas que no tratan de la fe o de las costumbres? El Concilio no plantea explícitamente la respuesta a esta pregunta (tampoco plantea la pregunta en cuanto tal), pero esto permite abrir un portillo muy claro y muy amplio en relación con la libertad de estudio o investigación en la ciencia sobre diversos temas y, por otro lado, expone la *no restricción* de llevar a cabo interpretaciones

sobre cuestiones diferentes de las de la fe y las costumbres cristianas.

La interpretación que lleva a cabo Galileo no contradice punto alguno del Concilio de Trento. Respeto a fondo los límites que propone la Iglesia a la hora de tratar las Sagradas Escrituras, se refiere solo a temas diferentes de los de la fe y las costumbres, hace uso de las afirmaciones de los santos Padres para interpretar el texto bíblico y, por último, respeta el Magisterio de la Iglesia como último recurso para la interpretación de pasajes lo suficientemente complejos para ser tratados por la ciencia.

Por lo tanto, Galileo no violenta cláusulas del Concilio y se encuentra dentro de los límites que las autoridades interponen a sus feligreses mediante el mismo Concilio, evidenciando que sus cartas respecto del tema de la interpretación no violaron decretos del Concilio como para ser juzgado por las autoridades del Santo Oficio de la Inquisición.

Referencias

- Alberigo, G. (1961). *La reforma protestante*. México, D. F.: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana (UTEHA).
- Galilei, G. (1987). *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*. (M. Gonzáles, Trad.). Madrid: Alianza Editorial.
- Herrera Solís, J. Esaú. (2014). ¿Una defensa del copernicanismo? Cartas a Castelli (1613) y a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (1615). En *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, volumen LIII, número 135, enero-abril de 2014, 95-105.
- Kirsch, J. P.(1912). *Council of Trent*. En *The Catholic Encyclopedia*. New York: Robert Appleton Company. Retrieved August 15, 2012 from New Advent: <http://www.newadvent.org/cathen/15030c.htm>
- López de Ayala, I. (Trad.). (1798a). *El sacrosanto y ecuménico Concilio de Trento 1545-1563*. Madrid: Imprenta de Ramón Ruíz. Consultado en la dirección <http://delacuadra.net/escorial/trent-01.htm>
- López de Ayala, I. (Trad.). (1798b). *El sacrosanto y ecuménico Concilio de Trento 1545-1563*. Madrid: Imprenta de Ramón Ruíz. Consultado en la dirección: <http://delacuadra.net/escorial/trent-13.htm>

Capítulo IV°.

Tommaso Campanella: su defensa de Galileo y de la *libertas philosophandi*⁴²

Javier Fernández Araya

1. Introducción

Este texto hace una breve enumeración y análisis de los argumentos más importantes de la obra *Apología pro Galileo*, del fraile dominico Tommaso Campanella (1568-1639). Tras una introducción al contexto de la obra, analizaré los argumentos generales que defienden la libertad para filosofar. Posteriormente, me acercaré a los contraargumentos que se hacen en favor de Galileo, en contra de sus interlocutores y, finalmente, explicaré los motivos por los cuales a través de esta obra podemos atribuir a Campanella una postura realista con respecto del papel de la ciencia astronómica.

Tommaso Campanella, filósofo y teólogo nacido en Stilo, Calabria, en 1568, escribe su *Apología pro Galileo* cerca del año 1616, desde prisión. Había sido partícipe de una conspiración contra el dominio español de su región natal, junto con otros frailes, campesinos e intelectuales independentistas. Hartos de la explotación extranjera, habían construido un complot insurgente, donde Campanella hacía de

42 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LIII°, número 135, enero-abril de 2014, páginas 47-57. El artículo forma parte del *dossier Acerca de Galileo Galilei, filósofo natural e intérprete de las Sagradas Escrituras*.

líder espiritual y político. Acusado de herejía y rebelión, es encarcelado y torturado en Nápoles, para luego ser condenado a muerte. Para evadir esta condena, el fraile dominico fingió locura, ya que en aquellos momentos era ilícito penar de muerte a aquellos considerados dementes, porque no estaban en capacidad de arrepentirse.

En estas condiciones el fraile escribe la *Apología*, escrita a solicitud del cardenal Bonifacio Caetani quien deseaba tomar en cuenta su opinión en la comisión inquisitoria convocada en 1616, con el fin de tratar la polémica de Galileo y el copernicanismo, que surge a partir de la publicación del *Sidereus Nuncius* (cf. Finocchiaro, 2005, 16). No obstante, el texto arriba tarde a Roma, y no es tomado en cuenta para el veredicto de la condena (cf. Ernst, 2010, 160). En ella se declara que el afirmar el movimiento de la tierra es erróneo y que afirmar la estabilidad del Sol es herejía.

No obstante, para entender esta obra es también necesario explorar el contexto histórico en el cual se desenvuelve su autor. Con la aparición del protestantismo se demuestra la amenaza que generan las interpretaciones no dogmáticas de las Escrituras para la Iglesia Católica. Esto suscita una actitud de intolerancia ante la libertad de interpretación de las Escrituras, y de ello surgen las resistencias activas que se confirman en el Concilio de Trento (1545-1563). El clero eclesiástico en Roma es alertado por detractores de Galileo quienes aprovechan la severidad con que se examina el asunto para buscar censurarlo. La Iglesia se ve compelida a investigar el asunto, teniendo en cuenta la necesidad de no condonar ideas que vayan contra la Palabra o de su interpretación oficial. Galileo y sus obras se encuentran en el escudriñamiento de las autoridades eclesiales e inquisitorias, no porque la Iglesia les tema a las ciencias *per se*, sino solo a aquellas

físicas o cosmologías que fomentaran o requirieran lecturas heréticas de las Sagradas Escrituras, como había sucedido con Giordano Bruno (1548-1600) algunos años atrás.

Los círculos intelectuales, desde jesuitas hasta doctores universitarios, estaban bien informados de la proliferación de nuevas cosmologías y físicas (cf. Redondi, 1987, 119). Campanella, cuyo interés filosófico estaba siempre del lado revolucionario antiaristotélico y antimonárquico, pero siempre fiel a la religión católica,⁴³ entendía perfectamente que su época traería magnánimos cambios y avances en el conocimiento, tanto científico como teológico y filosófico. Casi como signos revelados, leía proféticamente los tiempos de cambio y se sentía el vocero de los cambios por venir. La *Apología pro Galileo* demuestra claramente su profunda fe en las nuevas ciencias naturales, pero basta leer sus tratados políticos para entender su vehemente afán por la revolución y la reforma, basados en el uso ferviente de la razón como instrumento de guía tanto en lo político como en lo religioso y científico.

Sabemos que Campanella fue gran admirador de Galileo, como lo testimonia su correspondencia (cf. Ernst, 2010, 165). No obstante, en ocasiones muestra desaprobación de algunas de las ideas defendidas por el florentino, por ejemplo su apoyo del atomismo, el cual entraba en discordia

43 Tommaso Campanella es más frecuentemente reconocido por sus obras políticas: *De monarchia hispanica discursus* (1601), *Città del sole* (1602), *Monarchia Messiae* (1605), *Atbeismus triumphatus* (1605-1607), entre otras. En estas obras se construye teóricamente un sistema teocrático de carácter teológico-político, a manera de una monarquía universal que pretende materializar el ideal teológico de una humanidad unificada dirigida por un solo pastor

con la física telesiana que adoptaba Campanella.⁴⁴ Además, la lectura del “libro de la naturaleza” en ambos autores se hace de manera diferente. Mientras que para Campanella este se lee por sí mismo, Galileo expresa que la clave para entender el mundo como un libro está en leer sus caracteres estrictamente geométricos y matemáticos (cf. Shea, 1983, 84). Teniendo esto en cuenta, es evidente que Campanella no defiende precisamente a Galileo a raíz de su copernicanismo o de su visión cosmológica. No defiende filosofías personales, sino que advoca por la libertad para hacer ciencia y filosofía, en virtud de los beneficios que el conocimiento renovado y evolucionado pueda traer.

En este momento se revela el doble propósito de la obra apologética. En primer lugar, se muestra la defensa en favor de una legítima libertad para filosofar y hacer ciencia de la naturaleza. Esta defensa se lleva a cabo en dos frentes: por un lado, la explicación de por qué es beneficioso para la Iglesia el permitir la proliferación y evolución de las ciencias y filosofías. Por otro lado, el por qué es perjudicial para la Iglesia tratar de poner freno a la libre investigación científica.

En segundo lugar aparece la defensa directa de Galileo frente a sus críticos y opositores, que como sabemos lo asechaban ferozmente y sin seña alguna de depararle piedad. Querían censurarlo por completo. Esta defensa es también bipartita, y se basa tanto en explicar aquellos lugares donde la doctrina aristotélica es contraria a la fe, como en justificar por qué la ciencia galileana no contraría realmente a la doctrina Católica ni a las Escrituras.

44 Bernardino Telesio (1509-1588), filósofo natural cuya cosmología proponía dos elementos opuestos, calor y frío, de los cuales se originaban toda la materia y las fuerzas que la mueven.

Bajo este esquema y en este orden me acercaré al análisis de los argumentos más importantes de la obra apologética, yendo desde lo más general hasta lo más específico. En otras palabras, primeramente me ocuparé de lo que concierne a la *libertas philosophandi*, libertad que según Campanella debe ser procurada para todos por igual, y seguidamente me dirigiré a la defensa específica de Galileo, incluida la crítica a la doctrina peripatética.

2. Defensas de la *libertas philosophandi*

Para el fraile dominico es imprescindible, para una defensa teológica en favor de Galileo, primero establecer que la libertad para filosofar es no solo un derecho para los hombres, sino una necesidad para que tanto la Iglesia como sus fieles sean salvados de cometer grandes errores. Por ello los argumentos en las primeras secciones de la obra son dedicados a demostrar esta afirmación. Sin embargo, es cauteloso a la hora de afirmar esto pues, escribiendo desde el cautiverio, no habría querido intensificar su castigo en manos de la realeza española. En primer lugar, aparece la Primera Tesis afirmando que “[c]ualquiera que quiera juzgar en la cuestión que concierne aun parcialmente a la religión, debe poseer el respeto de Dios y la ciencia [...]” (Campanella, 2006, 67). Inmediatamente después procede a demostrar esta proposición. Si bien es cierto que la primera parte es evidente por sí misma y la argumentación no es extensiva, es la segunda parte de la proposición la que resulta importante para una defensa de la libertad para filosofar.

Para hacer esto, afirma que se puede errar al creer seguir la palabra del Señor por causa de ignorancia de las

evidencias naturales, problema que se evade al examinarlas a la luz de la razón. Ejemplifica esto señalando a aquellos Padres y teólogos que erraron al deducir de la Escritura la imposibilidad de la existencia de los antípodas, al igual que quienes señalaron que el Paraíso del Edén se encontraba en el hemisferio opuesto de la Tierra y que más tarde fueron desmentidos por la investigación empírica de los exploradores marítimos. Campanella afirma: “[...] que [las] razones contra las antípodas y sus habitantes son falsas por falta de conocimientos matemáticos y cosmográficos, y tuercen la Biblia [...]” (Campanella, 1994, 53), y en el caso de santo Tomás (1225-1274) “[...] por fidelidad a Aristóteles [...]” (Campanella, 1994, 53).

Esta primera mención de Aristóteles (384-322 a.C.) es el comienzo de un asedio a la rigidez con la que la teología dogmática se ha estancado por su adhesión al aristotelismo, específicamente el peripatetismo de la universidad de Padua. Campanella defiende que es necesario desprenderse de antiguas filosofías para que las lecturas de los libros escritos por Dios no terminen contradiciéndose en boca de los humanos que los interpretan, como más adelante señalará en el caso de Aristóteles y el canon católico.

Este argumento es similar al que Galileo emplea en la Carta a la Duquesa Cristina de Lorena (1615), donde afirma que el sentido literal y la interpretación patristica de la Escritura son o secundarias o irrelevantes, en cuestiones pertinentes a lo demostrable por medio de la filosofía natural o ciencia (cf. Finocchiaro, 2010, 89). Galileo parte del principio de la prioridad de la demostración, que no puede ser falsa si se asume la postura de que Dios deja a los hombres tanto su libro sagrado, como su libro de la naturaleza. En otras palabras, como la Escritura no puede errar, pero las

interpretaciones de esta sí, la demostración física es lo que llega a confirmar la correcta interpretación.

Otro punto en el que coinciden ambos autores, es en recalcar que la Escritura no pretende transmitir conocimiento filosófico o científico, sino que su propósito es presentar una guía moral. En la Carta a la Duquesa, Galileo lo deja explícito con la frase “[...] la intención del Espíritu Santo es enseñarnos cómo se va al cielo, no cómo funcionan los cielos [...]” (1987, 45), frase que toma prestada del cardenal Cesare Baronio. Campanella lo hace en la tercera máxima, Segunda Tesis del Tercer capítulo, donde remite a *Eclesiastés* 3, 11, y a *Romanos*, 1, 20, y donde más adelante afirma:

[Q]ue tampoco Moisés le puso límites a la ciencia humana, ni Dios reveló por medio de aquel legislador la física y la astronomía...: en efecto, dice Salomón que Dios abandonó el mundo a la disputa de los hombres, y él mismo exploró diligentemente la realidad del universo, observando la naturaleza y no sólo el libro de Moisés. Moisés trató sumariamente de la creación armoniosa del cielo, de la tierra y de todas las cosas en cuanto era útil al legislador, no al filósofo de la naturaleza (2006, 90).

Esta línea argumentativa sigue haciendo referencia a la presencia de dos libros escritos por Dios: el libro revelado (Las Escrituras), y el libro de la naturaleza, que está disponible a todo aquel que sepa leerlo. Para Campanella, estos dos libros, habiendo sido escritos por el mismo autor divino, no pueden contradecirse entre sí (cf. Finocchiaro, 2005, 17). En otras palabras, la naturaleza y sus verdades no pueden negar las verdades teológicas, y viceversa, y toda discordia aparente sucede por una errónea interpretación de alguno de los dos “libros”.

La idea de que “sin ciencia, ni siquiera el santo puede juzgar rectamente” (demostración de la Segunda Parte de la Primera Tesis) se ve reforzada a lo largo de la Segunda Tesis, donde se argumenta que el trabajo del teólogo es examinar las cosas según la primera causa, y por lo tanto es menester que conozca las otras ciencias, y no solo la teológica, para conocer al mismo Dios a través de sus obras. La frase “lo verdadero no contradice a lo verdadero” sigue haciendo referencia a cómo lo natural no podría contradecir nunca a la palabra divina.

3. Defensa de Galileo

Para defender a Galileo directamente de sus interlocutores, Campanella responde primeramente al argumento mediante el cual se le inculpa de querer introducir nuevas doctrinas que son contrarias a las de Aristóteles. Dado que sobre estas se funda la teología, entonces “[...] parece querer subvertir completamente la base de la teología [...]” (Campanella, 2006, 115). A esto responde con una respuesta de tres partes.

Primero demuestra que es herético aseverar que la teología se funda sobre el aristotelismo, ya que ni siquiera santo Tomás afirma esto, sino que lo usa como una herramienta para dialogar contra los gentiles y es valioso en cuanto que testigo de lo que observó en la naturaleza. Campanella ejemplifica ocho momentos en los cuales de la filosofía aristotélica se deducen conclusiones heréticas, entre ellos que el movimiento sea eterno; que el alma es mortal y que solo hay una inmortal de todos los hombres; que Dios no cuida de las cosas terrenales y que Dios obra por necesidad, entre otros. Además, aduce a los padres y doctores de la iglesia que

rechazan a Aristóteles y prefieren la física de Platón, como Agustín, Basilio y Orígenes, que también deberían ser condenados, según el argumento de quien vitupera a Galileo.

Es evidente que Galileo no era un experto en interpretación escritural, y sus Cartas a Castelli y a la Duquesa Cristina de Lorena lo evidencian ya que poco hacen referencia a los cánones dogmáticos de la iglesia o al razonamiento propiamente teológico. Por ejemplo, si bien apela a san Agustín (354-430), lo hace aparentemente sin percatarse de que Agustín se había convertido en un autor “[...] controvertido que había de ser citado bajo su propio riesgo [...]” (Santillana, 1976, 97). Campanella, por otro lado, era un fraile dominico sumamente educado que viene a rellenar ese vacío argumentativo en el debate por las nuevas astronomías. Los jueces apuntados por la inquisición eran teólogos, y si la condena había de ser evitada, era únicamente mediante argumentos de la misma naturaleza, y no filosóficos ni científicos.

Otro lugar en el que la filosofía natural de Aristóteles es problemática para la fe católica es el tema de la composición de los cielos, lugar que Campanella aprovecha para continuar volcando la balanza en favor de nuestro astrónomo. El argumento en contra de Galileo dice que él supone la existencia de agua, tierras y montañas en la luna y en los planetas, lo cual es incorrecto ya que “[...] por unanimidad los escolásticos y Aristóteles demuestran la perennidad del cielo y la inmutabilidad por todos los siglos [...]” (1994, 44).

Campanella analiza tres opiniones sobre la posible composición de los cielos, la de Empédocles y los pitagóricos que pensaban que el cielo está compuesto por cuatro elementos, la de Platón según la cual el cielo es de naturaleza

ígneas⁴⁵ y, finalmente, la de Aristóteles, en la cual el cielo está compuesto de una quintaesencia incorruptible. Al contrastar las posibilidades con las Escrituras, por ejemplo, David en los *Salmos* donde se habla de “las aguas que están sobre los cielos”, Campanella llega a la conclusión de que la teoría empedocleana es la que menos dificultades tiene para con la Escritura. Explica que las construcciones argumentativas que concilian el cielo aristotélico y platónico con el cielo bíblico “[...] están llenas de inextricables dificultades, e inducen el texto hacia una interpretación mística [...] carente de significado [...]” (*Ibid*, 147). Viendo que Galileo y sus observaciones indican la presencia de valles y montañas en los cuerpos celestes, Campanella concluye que esta física es más congruente con la Escritura, ya que concuerda con la física de Empédocles y a su vez con la descripción de Moisés de los cielos.

En este contraargumento se entiende el transfondo físico y cosmológico que permea la discusión. Campanella intenta demostrar que si de concordar con las Escrituras se trata, no sólo Galileo expresa menos dificultad que Aristóteles, sino que permite una interpretación más bien literal de algunos de los pasajes. Se evidencia de este modo uno de los beneficios que puede traer la libertad de filosofar para la teología, en tanto que nuevos descubrimientos físicos pueden decirnos más de las escrituras que las teorías antiguas.

El punto se refuerza aún más en la respuesta al noveno argumento.⁴⁶ Se responde que Galileo no postula la existen-

45 Aquí, Campanella asume la interpretación tomista del cielo platónico, aunque personalmente abogue por la interpretación que Platón propone, en el *Timeo*, de un cielo de cuatro elementos.

46 El noveno argumento contra Galileo dice en él que propone muchos mundos, tierras y mares “como lo supone Mahoma”, lo cual es

cia de muchos mundos, sino de un solo mundo con múltiples sistemas, lo cual está en contra de la doctrina de Aristóteles y además permite una lectura al pie de la letra de las Escrituras. Galileo no argumenta desde la teología, sino desde las observaciones de sus instrumentos. Campanella hace la comunión necesaria entre ciencia y teología, requisito que era necesario para descartar las críticas a Galileo.

Galileo tuvo la suficiente beneficencia de sus amigos en Roma como para que la condena haya sido en contra del copernicanismo y no de la persona de Galileo. Al parecer, de lo que se advirtió a Galileo en su reunión con el cardenal Bellarmino, en 1616, fue la defensa del copernicanismo como una doctrina real, mientras que se le permitió hablar de él en tanto que teoría instrumental que sirviera para salvar las apariencias y hacer las necesarias predicciones astronómicas. Sin embargo, a lo que aluden tanto Galileo como Campanella es una verdadera física, una explicación de la naturaleza física misma, que el calabrés concibe como compatible y necesaria para la religión católica.

4. Campanella y el realismo de la astronomía⁴⁷

Es posible otorgar a Campanella una postura realista con respecto del papel de la ciencia astronómica. En otras palabras, el fraile comparte la opinión de que este conocimiento

contrario a las escrituras (Campanella, 2006, 57).

47 Se entiende en este artículo por realismo científico, la postura según la cual lo que se capta en la naturaleza es lo que realmente está en la naturaleza, no lo que nos muestra un punto de vista. Esta postura se contrapone al instrumentalismo científico, postura adoptada por el cardenal Roberto Bellarmino (1542-1621).

científico no debe relegarse a una función de mero cálculo o predicción de eventos, y alabarse solo en cuanto nos permite acomodarnos a la naturaleza. No, para Campanella los postulados científicos pertinentes a los cielos pueden llegar a ser una adecuada representación y descripción de la realidad.

Esto se entiende si analizamos las implicaciones epistemológicas de entender el conocimiento como una forma de lectura de los dos libros divinos, tal como lo entiende Campanella. En orden a que la doble verdad, la revelada y la demostrada, coincida, es preciso mantener que cualquier estudio que se pueda hacer de la naturaleza por vía de la razón, sea una operación racional que pretenda postular verdades sobre la naturaleza. Si observáramos los cielos desde la visión instrumentalista de las ciencias astronómicas, esta correspondencia entre verdades carecería de sentido, pues la única verdad estaría en las Escrituras y el rol de la investigación de la naturaleza correspondería a salvar los fenómenos y generar tecnología, es decir, ser práctica pero no explicativa.

El paso más importante que hay que asumir es el de pasar a entender los cielos y sus cuerpos como entes compuestos de una naturaleza distinta de la de la Tierra, a observarlos como cuerpos de la misma naturaleza que la de la Tierra. Si esto es así, entonces las mismas leyes físicas que se aprecian y se estudian en el mundo “infralunar”, se aplican a los cuerpos “supralunares”, por lo cual el papel del astrónomo pasa a preocuparse no del cómo de las propiedades aparentes de los cielos, sino del qué mismo de sus propiedades físicas. Campanella es capaz de dar este paso y lo defiende, como lo podemos ver en su defensa de las posturas galileanas.

Lo vemos en el capítulo cuarto, en la respuesta al quinto y sexto argumentos,⁴⁸ donde Campanella responde de qué manera la tesis geocéntrica no atenta a la Escritura al contradecir los milagros de Josué y Ezequías, sino que da una explicación del fenómeno presenciado. Campanella no descarta que haya habido un milagro en primer lugar, sino que relativiza el movimiento, explicando que lo que se detuvo fue la Tierra y no el Sol. El milagro sucedió, y porque las apariencias son las mismas si es el observador o el objeto observado el que deja de moverse, la postura de Galileo concuerda con lo que se describe en las Escrituras, justo como “[...] el físico no excluye que el arco iris sea obra de Dios, sino que explica de qué modo Dios obra, con cuáles instrumentos, tanto naturales como racionales [...]” (Campanella, 1994, 99). Para Campanella es una interpretación igualmente válida de la naturaleza la que se hace por parte de las ciencias y por parte de las Escrituras, pues las dos se complementan en un saber uniforme.

Maurice Finocchiaro examina cuidadosamente el título de la obra, la cual traduce como “Apologia for the Florentine Mathematician Galileo, where One Discusses whether the Manner of Philosophizing Advocated by Galileo Conforms or Conflicts with Sacred Scripture.” (*Apología en favor del Matemático Florentino Galileo, donde se Discute si el Modo de Filosofar Advocado por Galileo es Conforme o Conflictual con la Sagrada Escritura*) (2010, 90). El historiador pone énfasis en la frase “modo de filosofar” (*ratio philosophandi*), que sugiere un método, una manera, y no un contenido o afirmación. Esto ayuda

48 El quinto y sexto argumentos que Campanella cita en contra de Galileo dicen que según la postura defendida por el astrónomo, sería falsa la Escritura en tanto se niega la posibilidad de los dos milagros en el *Libro de Josué* y en el de *Isaías* (Campanella, 2006, 54-55).

a confirmar lo dicho anteriormente, *i. e.*, que Campanella no defiende específicamente la postura copernicana, sino el método que permite llegar a tales conclusiones astronómicas. El método que consiste en estudiar los cuerpos naturales tal y como sus fenómenos nos los presentan, ya que ellos nos dicen de su naturaleza.

5. Conclusiones

Se desprenden de los argumentos de la *Apología* no solo una defensa de Galileo y de la libertad para hacer filosofía natural, sino también una óptica revolucionaria mediante la cual se entiende una naturaleza igual entre los cuerpos celestiales y los cuerpos terrestres. Sus argumentos obedecen a un contexto en específico y a una polémica que se ubica en el seno de universidades y agentes particulares, por lo cual hay un tratamiento casuístico puesto en acción.

Campanella comprende que la importancia de los nuevos sistemas astronómicos está en considerar sus descripciones como parte de una realidad que se manifiesta mediante sus apariencias físicas. Su postura es realista en cuanto al rol de la astronomía y ciencias físicas, característica que, presente en abundantes pensadores que surgen a partir de la revolución científica, es primordial en el posterior desarrollo de las nuevas ciencias.

Finalmente, si estos argumentos hubieran sido adoptados por algún otro agente de mejor fama que la de Campanella, aun así no habrían salvado al copernicanismo de su condena, pues esta condena fue más un producto de pesos políticos que de razones argumentativas. Fue este también el caso de Paolo Antonio Foscarini (cf. Santillana,

1976, 99), padre carmelita que fue condenado por defender el heliocentrismo como una tesis real y no instrumental, a pesar de las advertencias que le fueron hechas por el cardenal Bellarmino. Finocchiaro sostiene que la condena de 1616 no tenía que ver con el aristotelismo ni con sus defensores, ni con el sistema de Tycho, sino con la situación geopolítica contrarreformista y la contingencia de la persona del cardenal Bellarmino y otros teólogos (2010, 96). Para estos efectos, podríamos afirmar que la fortaleza teológica que aporta Campanella fue históricamente nulificada por presiones superiores a las que se podía combatir por medio de la razón.

Referencias

- Ernst, G. (2005). Tommaso Campanella, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), Consultado en la dirección: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/campanella/>
- Ernst, G. (2010). *Tommaso Campanella: The Book and Body of Nature*. (David L. Marshall, trad.). London: Springer.
- Finocchiaro, M. (2005). *Interpreting Nature and Scripture: Galileo, Foscarini, Ingoli, Campanella*. Las Vegas: University of Nevada. Consultado en la dirección: <http://cs.redeemer.ca/pascal/depo/MAF.pdf>
- Finocchiaro, M. (2010). *Defending Copernicus and Galileo*. London: Springer.
- Redondi, P. (1987). *Galileo Heretic*. (Raymond Rosenthal, trad.). Princeton: Princeton University Press.
- Santillana, G. (1976). *The Crime of Galileo*. Chicago: University of Chicago Press.
- Shea, W. (1983). *La revolución intelectual de Galileo*. (Carlos Peralta, trad.). Barcelona: Ariel.

Capítulo Vº

Galileo y la teoría científica. La defensa del heliocentrismo copernicano⁴⁹

Leonardo Ortiz Acuña

En su opúsculo acerca del movimiento de la Tierra (*Consideraciones sobre la opinión copernicana*), Galileo nos muestra dos modos de argumentación, uno que es de carácter psicológico y retórico en el que se dedica a señalar la fuerza de la creencia en el modelo heliocéntrico por parte de sus defensores, y, por otra parte, otro que es de carácter metacientífico, en el cual nos muestra cómo funciona una teoría científica como lo es la del heliocentrismo. No obstante, este último modo de argumentación, siendo el más valioso para el discurso científico, es mucho más sutil que el primero. Por esta razón, el presente trabajo pretende enfatizar este discurso confrontándolo con uno de los escritos previos de Galileo referentes al heliocentrismo, *Sobre el orden de las órbitas celestiales*, para tener una noción clara de lo que representaba el heliocentrismo en cuanto teoría científica desde la perspectiva de Galileo, en contraste con teorías no científicas.

49 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LIIIº, número 141, enero-abril de 2016, páginas 59-65. El artículo forma parte del *dossier Galileo Galilei en 1615 y 1616. Su defensa del copernicanismo y su primera colisión contra el Santo Oficio*.

Para esto, se tomará en cuenta este trabajo temprano de Galileo,⁵⁰ en el cual su posición acerca del heliocentrismo parece no estar muy clara⁵¹ (contrario a lo que se puede ver en el opúsculo acerca del movimiento de la Tierra) para luego contrastarlos con el último, de manera que podamos ver cómo funciona la teoría científica. Se pretende mostrar cómo el modelo matemático es esencial para la teoría científica galileana. Sin embargo, no es suficiente, ya que además de esto se debe tomar en cuenta la contrastación empírica. Así como también la sola contrastación empírica por sí sola tampoco es suficiente, sino que necesita del modelo matemático.⁵² En ese sentido, la falta de la confluencia de estos dos elementos

50 Wallace (1977), en el prefacio de su *Galileo's Early Notebooks*, señala que la época de producción de estos textos por parte de Galileo no es muy clara. Por una parte, Stillman Drake considera que son de alrededor de 1590, para cuando Galileo ya estaba enseñando en la Universidad de Pisa, pero por otra parte Antonio Favaro considera que son trabajos de la época de estudiante de Galileo, de alrededor de 1584.

51 La razón por la que la posición de Galileo no es clara, e incluso tiende a parecer una posición aristotélico-ptolemaica, se debe a que, como señalan Finocchiaro (2010) y Wallace (1977), estos textos de esta época son simples introducciones a la astronomía para estudiantes principiantes, es decir, son los textos utilizados en los cursos impartidos por Galileo.

52 Finocchiaro (2010) señala al menos doce criterios para la aceptabilidad de lo que él llama asunciones guía (*guiding assumptions*) por parte de Galileo. No obstante, el mismo Finocchiaro es claro en que lo más probable es que estos no hayan sido conscientes para Galileo. Lo que Finocchiaro pretende es, exclusive, hacer una reconstrucción analítica del modo en que una teoría se vuelve aceptable para Galileo. Por otra parte, en el presente trabajo me dispongo a señalar los que considero dos elementos que sí eran claros para Galileo, y que en ese sentido modifican su modo de argumentar acerca del

es lo que hace que Galileo no exprese claramente en sus trabajos de juventud su posicionamiento acerca del heliocentrismo, a pesar de que ya para 1597, como podemos ver en su carta a Kepler, era un heliocentrista convencido. Así, la fortaleza que le da la conjunción del modelo matemático con los datos empíricos es tal que lleva a Galileo a pasar por alto la advertencia del cardenal Roberto Bellarmino de utilizar la teoría solo como hipótesis para facilitar los cálculos.

1. La teoría heliocéntrica

Ahora, ¿cómo funcionan estos elementos en la aceptación de la teoría heliocéntrica por parte de Galileo? Para analizar esto es interesante tomar en cuenta los trabajos de juventud de Galileo, en los cuales podemos ver a un Galileo más descriptivo, es decir, un Galileo que sólo recopila las opiniones de los astrónomos acerca de la posición de los planetas. Lo interesante de esto es la manera en que Galileo argumenta: En el texto *Sobre el orden de las orbitas celestiales* Galileo comienza mencionando la opinión de Aristarco de Samos y de Copérnico sobre la posición del Sol en el universo, la cual rechaza dando cinco argumentos en contra que están fundados en la autoridad de los astrónomos.

[...] because, following Aristotle, earth is the heaviest body and so should tend to the lowest place; moreover, it should also be the most distant from the heavens and so can be located nowhere else than in the center of the universe (Galilei, en Wallace, 1977, 72).

heliocentrismo: su perspectiva metodológica y su modo de socializar su punto de vista.

Lo anterior es un rasgo que no encontramos en el Galileo de madurez, ya que justamente contra esta actitud a la hora de hacer ciencia dirige todos sus esfuerzos científicos, pues para él el “intérprete de la naturaleza no era Aristóteles, Platón, Demócrito, o ninguno de los antiguos, sino la naturaleza que hablaba por sí misma” (Shea, 1983, 53). Lo que parece interesante del modo de argumentar de Galileo en este pequeño tratado de juventud es la poca concreción de sus ideas, la ambigüedad con que las presenta, y la distancia que toma de las posiciones expuestas, como si solamente estuviese describiendo sin tomar partido (o tomando partido tímidamente), lo cual contrasta claramente con el Galileo de madurez.⁵³

Además, esta falta de concreción por parte de Galileo, como se puede ver en el texto, va acompañada de una falta de argumentos cimentados en el análisis matemático, el cual será muy importante para él en sus futuros trabajos. Por otra parte, cercano a este periodo, como nos señala Finocchiaro (2010), se puede ver en otros escritos de Galileo que ya hay un convencimiento por parte del Pisano respecto de la tesis heliocéntrica, ya que este manifiesta a Kepler en 1597, al recibir una copia del *Mysterium cosmographicum*, cuánto le alegra saber que hay otros copernicanos convencidos. Pero lo más

53 Es claro que en este respecto podría haber elementos de carácter psicológico y circunstancial que llevaran a Galileo a tener esta actitud tan distinta de la que tendrá posteriormente. Sin embargo, ese tipo de elementos es poco interesante para la presente investigación debido a dos razones: no son elementos que puedan ser objeto de conocimiento y, además, son elementos que no son relevantes para la teorización acerca del funcionamiento de la ciencia. Por otra parte, si son textos de juventud, como señala Favaro, es posible que su formato tenga que ver con el formato propio de las disputaciones medievales.

importante para la tesis que aquí defiende no es este reconocimiento acerca del heliocentrismo, sino el señalamiento de que ha trabajado en muchos argumentos refutatorios del geocentrismo, los cuales, sin embargo, no pretende publicar:

Lo haré [leer el libro de Kepler] con tanta mayor alegría cuanto me convertí a la doctrina de Copérnico desde ya hace muchos años, gracias a la cual descubrí las causas de un gran número de efectos naturales de los que está fuera de duda que la hipótesis común pueda rendir cuenta de ellos. Escribí sobre esa materia varias consideraciones, razonamientos y refutaciones que hasta el momento no me atreví a publicar, espantado por la suerte de Copérnico mismo, nuestro maestro, que si bien se aseguró una gloria inmortal al lado de algunos, se expuso, por otra parte, —de enorme que es el número de los tontos— a la burla y el desprecio de muchos otros. Sin duda me enardecería yo en dar a luz mis reflexiones si hubiese muchos hombres como tú, pero como más bien hay pocos, prefiero dejar para más adelante semejante empresa (Galileo, citado por Koestler, 1986, 284).

Como señala Finocchiaro (2010), esto puede ser interpretado no solo como una muestra de miedo por parte de Galileo, sino también como un reconocimiento de su parte de que su argumentación aún no es completa y que por lo tanto no tendrá la potencia retórica (pero sobre todo, teórica) para convencer a los adversarios del heliocentrismo, aunque sí la tiene para convencerlo a él.

En este sentido, desde la perspectiva aquí defendida, el convencimiento de Galileo acerca de la verdad de la teoría heliocéntrica proviene del desarrollo por su parte de una serie de razonamientos matemáticos que le permiten crear un

modelo fiel de lo que es el universo. La falta de una noción de modelo matemático en la construcción de teorías científicas previa a 1597 es lo que hace que Galileo no pueda posicionarse claramente sobre la controversia geocentrismo-heliocentrismo en los textos de juventud. Así, pues, es un desarrollo mayor en ese respecto, con el cual podrá sistematizar los datos empíricos obtenidos por medio de las observaciones telescópicas, aquello que le permitirá asumir una posición clara y robusta acerca de este problema posteriormente, como lo veremos en el opúsculo acerca del movimiento de la Tierra.

2. El modelo matemático

El opúsculo *Consideraciones sobre la opinión copernicana* da inicio señalando dos ideas asociadas a la controversia en curso (geocentrismo-heliocentrismo) que considera erróneas. La primera es que el geocentrismo ya está demostrado por la filosofía, por lo que no hay razón de cuestionarlo. La segunda es que la doctrina de Copérnico es afirmada, por él mismo y por sus seguidores, solamente *ex suppositione*. Esto lleva a Galileo a hacer una distinción metodológica clave: la distinción entre el *astrónomo puro* y el *contemplador de la naturaleza* (*contemplatore della natura*).

Es importante notar que esta distinción es diferente de la distinción clásica entre el astrónomo y el filósofo natural, según la cual, como señala Shea (1983), “no correspondía a los astrónomos —a juicio de los aristotélicos— decidir qué sistema era el *verdadero*, sino a los filósofos naturales” (138). Esta distinción está asociada con el uso de las matemáticas para la creación teorías: en el caso del astrónomo puro, es aquel que solamente realiza los cálculos para luego asumir posiciones

ex hypothesi. Por otra parte, el contemplador de la naturaleza es aquel que va más allá de los cálculos para corroborar si los fenómenos se dan de esa manera en la naturaleza:⁵⁴

[Copérnico,] despojándose del hábito del astrónomo puro y vistiéndose con el de contemplador de la naturaleza, se dispuso a examinar si esta suposición de los astrónomos, que concordaba suficientemente con *los cálculos* y las apariencias de los movimientos de todos y cada uno de los planetas, podía también corroborarse verdaderamente en el mundo y en la naturaleza (Galilei, 1996, 78). (El énfasis con cursiva es mío).

Por esta razón, lo que parece esencial a primera vista es la corroboración. Sin embargo, nótese que el contemplador de la naturaleza va más allá del cálculo matemático, mas no prescinde de él, es decir, las matemáticas no pueden ser del todo desechadas para quedarnos con la sola contemplación de la naturaleza, ya que esto significaría reducir la ciencia a meras categorías, es decir, a cualidades, lo cual iría en contra del espíritu anticualitativo (antiaristotélico) de Galileo. Burt (1954) señala que el método matemático de Galileo se funda en la estructura misma de la naturaleza, convirtiendo a las matemáticas de esta manera en el método por excelencia para conocerla. No obstante, esto no implica la presunción de un apriorismo matemático por parte de Galileo.

54 Por supuesto, esto está en el contexto del conflicto entre el instrumentalismo y un cierto realismo metodológico que se deriva del famoso prefacio de Andreas Osiander agregado a la primera edición de *De revolutionibus orbium caelestium* de Copérnico. No obstante, como se puede observar, Galileo le da un matiz distinto asociado al uso de las matemáticas.

Como menciona Hall (1990), lo que buscaba Galileo por medio de este método matemático es simplemente encontrar una fórmula matemática que refleje los fenómenos accesibles a la corroboración empírica, y que esta formulación matemática pueda ser sostenida y aplicada a los objetos de estudio en tanto no sea contradicha por una experiencia posterior.

C'est donc en cessant de raisonner en pur mathématicien, et en se proclamant, par une sorte de coup de force intellectuel, aussi apte que les philosophes à déterminer "la vraie constitution de l'univers" que Copernic inaugura l'astronomie moderne. Par là-même étaient transférées à l'astronome deux des prérogatives essentielles du philosophe: d'abord, la vocation à expliquer, c'est-à-dire le droit de fixer les principes, sans les recevoir de l'extérieur; ensuite, la capacité, pour les constructions ainsi élaborées, de dire le vrai, et non seulement de restituer les apparences. Entre le pur astronome –le *mathematicus*– et le philosophe, un troisième personnage venait de prendre place: l'astronome philosophe (Clavelin, 2010, 20).

Para Galileo, la teoría científica está ligada a la construcción de modelos matemáticos que puedan describir el fenómeno, ya que para él es claro que sin las matemáticas el mundo no puede ser comprendido, ya que, después de todo, la naturaleza está escrita en lenguaje matemático (Galilei, 1981).

En ese sentido, podríamos pensar las matemáticas como una de las primeras características que vería Galileo en una teoría científica, a diferencia de una teoría no científica, la cual operaría por medio de simples cualidades, al

modo aristotélico. Para Galileo, el problema de este modo de operar por medio de cualidades en la ciencia es el problema clásico entre lo aparente y lo real, ya que para Galileo es importante eliminar los posibles errores producidos por la percepción humana, por lo que la ciencia debe tratar de las propiedades primarias de los objetos y no de las propiedades secundarias.⁵⁵ Por esta razón, una teoría basada en cualidades no sería una teoría científica y, así, una teoría científica es tal en la medida en que se basa en las propiedades primarias del objeto, las cuales son sistematizables por medio de las matemáticas.

En ese sentido, la argumentación matemática se vuelve esencial para que Galileo pueda defender plenamente la teoría heliocéntrica, y podemos ver esto en la forma de argumentación en el periodo de juventud contrastado con el periodo de plena defensa del copernicanismo, como constataremos a continuación.

3. La teoría científica en el opúsculo sobre el movimiento de la Tierra

Como señala Shea (1983), en la época inmediatamente posterior a la publicación de *De revolutionibus orbium caelestium*, esta obra “se convirtió en la bandera de quienes reaccionaban contra las fuerzas del conservadurismo académico” (132). En ese sentido, la defensa del copernicanismo era realizada principalmente por poetas y literatos que veían en la teoría una forma de emancipación de la autoridad escolástica. No

55 Para ampliar este tema, véase mi artículo *Galileo y Descartes: la matematización de la física*, publicado en la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, número 135, volumen LIII, de enero-abril 2014, 107-116.

obstante, estos no eran capaces de argumentar racionalmente en favor de ella.

En este contexto, no es de extrañar que el posicionamiento de Galileo fuese obscuro, ya que él, por una parte, no ve en los argumentos en favor la fuerza necesaria para poder defender científica y racionalmente el heliocentrismo (como lo muestra su escrito *Sobre el orden de las órbitas celestiales*), y por otra, ve una gran fortaleza en los argumentos en contra, ya que estos han sido mucho más elaborados por autores con un amplio conocimiento del problema. Por eso:

Antes de embarcarse resueltamente en la aventura copernicana, Galileo necesitaba cierta seguridad de que valía la pena el riesgo y, en especial, el riesgo de un matemático que se enorgullecía del poder explicativo de la geometría (Shea, 1983, 136).

Pero, entonces ¿qué cambió para 1615?, momento en que vemos un Galileo más anuente a debatir acerca de esta teoría?⁵⁶ Es claro que, por una parte, existe una serie de descubrimientos esenciales previos a este periodo que han dado una gran fuerza a esta teoría, como lo son la superficie escarpada de la Luna, la existencia de estrellas nuevas, la naturaleza de la Vía Láctea, los satélites de Júpiter, las manchas solares, los cuales fueron presentados por Galileo en el *Sidereus Nuncius* y que, como señala Pitt (1986), son los elementos

56 En 1615, Galileo se atreve a viajar a Roma para defender el copernicanismo. Cómo señala Shea (1983), Galileo habló con múltiples personalidades notables, con las cuales sostuvo debates sobre el tema.

esenciales que le dan a Galileo evidencia de la verdad de la tesis copernicana.

Sin embargo, también hay otras situaciones que debilitan la teoría como lo son la caída de los cuerpos (la idea de que un cuerpo no podría caer en dirección perpendicular al punto del que se deja caer), el vuelo de las aves, y la no desintegración del planeta ante el giro de este.⁵⁷

Nótese que estos datos empíricos, así como los hemos enumerado, son de carácter cualitativo. Además, solamente debían dar a Galileo evidencia de que algunos elementos de la teoría geocéntrica son erróneos. No, empero, para refutar el núcleo de la teoría.⁵⁸ Sin embargo, hay otro elemento esencial que cambia en esta época y que podemos ver en el modo de argumentar de Galileo:

If the earth revolves around the sun, the difference in visibility of the stellar sphere between midnight and noon would be equal to that cause done earth by a mountain whose height is 1 and 1/7 miles; on earth the difference in visibility of the stellar sphere resulting from climbing such a mountain is 1° and 32 min on each side; these quantities are based on the traditional estimates of astronomical distances (which are: distance between the earth and the sun = 1,216 earth radii; radius of the stellar sphere = 45,225 earth radii; and sphere is much greater; so the difference in stellar horizon would

57 Claramente, estas tesis son erróneas, pero para el momento no había manera de refutarlas. En ese sentido, siguiendo a Popper, así como son enunciadas, estas tesis tendrían el mismo valor científico que las tesis en favor del heliocentrismo.

58 Podríamos decir, siguiendo a Lakatos, que son elementos del cinturón protector del programa de investigación, mas no son elementos del núcleo firme del programa.

be much less than $1^{\circ} 32'$ min; and that would be unlikely to be noticeable (Carta de Galileo a Mazzoni, 30 de mayo de 1597, citado por Finocchiaro, 2010, 47).

Podemos ver esta misma forma de argumentación en *Consideraciones sobre la opinión copernicana* (1996):

De acuerdo con el autor del prefacio, es imposible —a menos que se ignore todo en geometría y en óptica— considerar verosímil que el epiciclo de Venus tenga un tamaño tal que le permita alejarse a ambos lados del Sol hasta más de 40° , puesto que al encontrarse a su distancia máxima de la Tierra su diámetro tendría que parecer apenas la cuarta parte del que se observa cuando el planeta se halla en su posición más próxima, mientras que su superficie aparente sería entonces 16 veces mayor que en aquella otra posición (86).

Lo cual contrasta con la manera de argumentar de los trabajos de juventud:

If the earth were located in the middle of the universe, for an eclipse to occur the two luminaries would have to be in opposition to permit the interposition of the earth; similarly, if the earth were located off from the center, an eclipse could not occur, since there would be no interposition of the earth. In fact, an eclipse would happen generally when the moon was at the greatest distance from sun, for then it would have minimum of light (Galileo en Wallace, 1977, 72).

Por esta razón, Finocchiaro (2010) señala que

[t]he most relevant and important aspect of Galileo's letter to Mazzoni is that it constitutes an explicit defense of Copernicanism from an astronomical objection. Moreover, the core of Galileo's reasoning is mathematical or quantitative, and so what we have here is a mathematical defense (47).

En otras palabras, lo que nos muestra esta carta a Mazzoni es el desarrollo del razonamiento matemático que le permitirá a Galileo robustecer la teoría copernicana.

Debido a esto, en el presente artículo se considera que el desarrollo de sus argumentos matemáticos, unido a los descubrimientos empíricos, es lo que permite a Galileo hacer explícita su posición acerca del heliocentrismo. En ese sentido, Galileo tiene una idea clara de lo que le confiere estatus científico a una teoría, y podemos verlo en su modo de argumentar, es decir, la teoría científica es un modelo matemático acompañado de la contrastación empírica de aquel.

Así, la distinción de la que se habló en el apartado anterior adquiere sentido: Ya no estamos ante la mera distinción entre el astrónomo y el filósofo natural, sino ante una nueva distinción entre el astrónomo puro (una especie de matemático) y el contemplador de la naturaleza (el científico, casi como lo entendemos contemporáneamente).⁵⁹ Esto explica por qué Galileo hace caso omiso de la advertencia de Bellarmino de utilizar el heliocentrismo solo como una hipótesis, es decir, su sentido de lo que debe incluir la descripción

59 Nótese que estamos ante el surgimiento de un nuevo método de conocimiento y ante la introducción de un nuevo modelo de investigador, a saber: el científico que conocemos hoy en día.

fiel del mundo (la teoría científica) le da una gran seguridad acerca de la veracidad de la teoría copernicana.

En otras palabras, el convencimiento de la veracidad del copernicanismo por parte de Galileo no procede únicamente de lo empírico. Por eso en la carta a Kepler ya se considera a sí mismo un copernicano convencido, pero busca evidencias para socializar la teoría, es decir, la matemática ya lo ha convencido, pero para convencer a otros necesita lo empírico. En otras palabras, lo que necesitaba Galileo era la evidencia como elemento retórico, es decir, como forma de convencer a la comunidad científica. Por eso Pitt (1986) señala que lo que proveen estos descubrimientos empíricos es un punto de partida; hacen al menos plausible la tesis copernicana para aquellos que no están convencidos:

To perform the necessary reconceptualization, Galileo had to interpret observations of the heavens in terms of terrestrial phenomena; descriptions of terrestrial phenomena in ordinary language thereby constituted his source-base. Translating celestial observations into the language of terrestrial physics was what was involved in making the case for legitimacy of speaking of mountains on the moon. In order to interpret the requisite observations in the appropriate fashion, Galileo first had to show that such efforts were plausible to begin with (Pitt, 1986, 128).

Así, podemos decir que el conocimiento puede ser proveído por las matemáticas, y la experiencia simplemente permite comprobar lo que las matemáticas han proporcionado, sin que esto sea un matematismo platónico sino, antes bien, un modo de operar (un método) que nos permite construir teorías científicas.

De esta manera, desde el punto de vista de Galileo la teoría heliocéntrica es verdadera, es decir, no es una construcción teórica que simplifica los cálculos matemáticos (instrumentalismo), sino que es un reflejo fiel del mundo, de cuya realidad no puede dudar en la medida en que la experiencia concuerda con el modelo matemático que la describe. Esto es lo que impulsa a Galileo a obviar la advertencia del cardenal Bellarmino de asumir la tesis copernicana solo como hipótesis.

Referencias

- Burtt, E. A. (1954). *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. New York: Anchor Books.
- Clavelin, M. (2001). Galilée astronome philosophe. In *Largo campo di filosofare*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 19-40.
- Galilei, G. (1981). *El ensayador* (Trad. de J. M. Revuelta). Buenos Aires: Aguilar, S. A. de Ediciones.
- _____. (1895). *Le opere di Galileo Galilei. Vol. V* (A. Favaro, ed.). Firenze: Tipografia di G. Barbera.
- Galilei, G. y Kepler, J. (2007). *La gaceta sideral. Conversación con el mensajero sideral* (C. Santos, tr.). Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Hall, R. (1990). Was Galileo a Metaphysicist?. En Levere, T. H. y Shea, W. R. (Eds.): *Nature, Experiment, and Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 105-121.
- Koyré, A. (2009). *Estudios galileanos* (M. Gonzalez Ambóu, tr.). México D. F.: Siglo Veintiuno, Editores, S. A.
- Koestler, A. (1986). *Los sonámbulos*. Barcelona: Salvat.

- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica* (J. C. Zapatero, tr.). Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Shea, W. R. (1983). *La revolución intelectual de Galileo* (C. Peralta, tr.). Barcelona: Ariel.
- Finocchiaro, M. A. (2010). *Defending Copernicus and Galileo*. London: Springer.
- Wallace, W. A. (1977). *Galileo's Early Notebooks: The Physical Questions*. Indiana: University of Notre Dame Press.
- Copérnico, N., Digges, T. y Galilei, G. (1996). *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra* (A. Elena, tr.). Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Pitt, J. C. (1986). The Character of Galilean Evidence. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1, 125-134.
- . (1988). Galileo, Rationality and Explanation. *Philosophy of Science*, 55 (1), 87-103.

Capítulo VI°

**¿Una defensa del copernicanismo?
Cartas a Castelli (1613) y a la señora
Cristina de Lorena, Gran Duquesa de
Toscana (1615)⁶⁰**

Esaú Herrera Solís

1. Introducción

En el pináculo de su carrera científica y académica, Galileo Galilei (1564–1642), el matemático, físico y astrónomo, padre de la construcción de la ciencia moderna, se encuentra en la primera de las dos investigaciones más peligrosas de su vida.

A partir de la publicación del *Sidereus Nuncius* (*El mensajero de los astros*, o *El mensaje de los astros* o *La gaceta sideral*) en 1610, libro de gran fuste que cambió la astronomía observacional, este texto modifica y revoluciona la manera de hacer ciencia. La nueva astronomía planteada y construida en este corto libro, que se asemeja a una libreta o cuadernillo de anotaciones de las observaciones realizadas por Galileo, deja atrás la dualidad (sujeto–objeto) y va a

60 *N. b.*: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LIII°, número 135, enero-abril de 2014, páginas 95-105. El artículo forma parte del *dossier Acerca de Galileo Galilei, filósofo natural e intérprete de las Sagradas Escrituras*.

contener una tríada (sujeto-instrumento-objeto) dentro de su dominio.

La nueva astronomía no pretende salvar las apariencias de las propuestas cosmológicas de los tercios filósofos, que se niegan a ver por el instrumento las pruebas de su derrota. Todo lo contrario, la nueva astronomía pretende proporcionarnos las experiencias posibles para darnos el material de respaldo para crear nuevas cosmologías y, a la vez, liberarse de las amarras que tiempo atrás la ataban injustamente.

A partir de los descubrimientos de 1609-1610, las teorías copernicanas sugeridas en el *Sidereus Nuncius* (editado en 1610) provocan las inquinas y desprecios de los filósofos y astrónomos aristotélicos y ptolemaicos, respectivamente, hasta que por fin en 1616 se logran condenar las teorías heliocéntricas presentes en la obra de Nicolás Copérnico.

Las intrigas contra el matemático de Pisa se llevaron en por lo menos dos frentes diferentes que se reunieron en los Tribunales de la Santa Inquisición. El primer frente se dio en las cortes de los propios mecenas de Galileo, es decir, en la corte de los Medici. El segundo frente, este en contra de Galileo y los matemáticos, fueron los sermones injuriosos de Tommaso Caccini en la iglesia Santa María Novella de Florencia (20 de diciembre de 1614), que culminaron con una denuncia ante el Santo Oficio en 1615. No hay que olvidar la denuncia de Niccolò Lorini el 7 de febrero de 1615.

El presente ensayo pretende analizar dos cartas que escribió Galileo como parte de su apología contra estas intrigas, antes del cierre de las investigaciones sobre el copernicanismo que realizó el Santo Oficio de la Inquisición.

La primera carta de Galileo fue para el padre Benedetto Castelli (1578–1643), discípulo y colaborador del Galileo. Esta carta puede ser el detonador de las investigaciones

contra el físico de Pisa. La carta se convirtió en objeto de pugna y escrutinio para el Santo Oficio.

La destinataria de la segunda carta es Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana, madre de Cosimo II, Gran Duque que nombró a Galileo primer matemático y filósofo de los Medici, así como su protegido. Esta carta es más una respuesta a los teólogos aclarando las intenciones y las tesis expuestas en la carta al padre Castelli.

Este artículo tiene el fin de abordar de una manera más esclarecida las disputas que se le presentaron a Galileo. Primeramente se debe abordar la interpretación propuesta por Galileo sobre el pasaje del *Libro de Josué*. Posteriormente se abordan los puntos estrechamente relacionados con el Concilio de Trento (la Contrarreforma), específicamente con el tema de la debida interpretación bíblica, el papel de los intérpretes y los límites de la interpretación misma.

Con el fin de evaluar la defensa producida por Galileo en su favor y en favor del copernicanismo, mi pregunta de investigación es: ¿A la hora de realizar la interpretación del pasaje bíblico se realiza una defensa de la postura teórica de Copérnico? Mi hipótesis niega que la interpretación realizada por Galileo sea una defensa del copernicanismo, pero sí es una defensa del heliocentrismo.⁶¹

61 El presente artículo hace uso de la paginación de la edición llevada a cabo por Antonio Favaro, *Opere*, Edizione Nazionale, Florencia, G. Barbera Editore, 1968, presente en la traducción de Moisés Gonzáles de Alianza Editorial, 1987. Para ello se utiliza el método de APA para

2. Los argumentos sobre el movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol

Cartas a Castelli y a Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana

Después de exponer los argumentos que proponen una forma de realizar exégesis bíblica en la que el papel de la ciencia sea claro y el orden de análisis sea lo suficientemente libre como para que no existan confusiones entre la Iglesia y la ciencia, exposición que abarca la mayoría del texto de la Carta a Castelli (setenta y uno por ciento de la carta) y de la Carta a Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana (ochenta y uno por ciento de la redacción de la carta), escritas originalmente en italiano, Galileo aborda el tema de los argumentos en favor del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol, a la luz de la interpretación bíblica del texto de Josué, X^o, 12^o-13^o; tema de fondo astronómico de las dos Cartas.

Reproducimos el polémico pasaje que produce la disputa e interpretación de Galileo, o sea, el *Libro de Josué*, X^o, 12^o-13^o:

El día en que Yavé entregó al amorreo en manos de los israelitas, Josué se dirigió a Yavé y dijo: “Detente, Sol, en Gabaón y tú, Luna, en el Valle de Abyalón”, y el Sol se detuvo y la Luna se paró hasta que el pueblo se vengó de sus enemigos. ¿No está escrito en el libro del justo? El Sol se paró en medio del cielo y dejó de correr un día entero hacia su ocaso.

citación, y se agrega después del número de página del texto que corresponde a la edición de Alianza Editorial, S. A.

En la carta a Castelli queda expuesto con mayor claridad lo que pretende demostrar Galileo. Debemos aclarar que estas son cartas y no textos académicos. Por otra parte, la carta a Castelli es más directa y escueta. En cambio, la carta a Cristina de Lorena es más extensa, incluye una explicación más detenida y elementos nuevos, su fin es ser un documento público apologético.

Galileo propone dos requisitos para realizar la interpretación del texto bíblico antes transcrito.

El primer requisito para interpretar este pasaje es conceder el uso literal de las Escrituras y el segundo requisito es no permitir el cambio del texto obligando a ambas partes a sostener literalmente lo que el texto proporciona (cf. Galilei, 1987, 43/285-286).

Es importante recalcar que en esta parte Galileo está cediendo a las demandas de los contrarios, deja a un lado gran parte de su postura sobre la interpretación bíblica anteriormente expuesta, pero utiliza la idea del orden de disciplinas para interpretar los textos problemáticos (primero se deben utilizar las ciencias y posteriormente la interpretación del Magisterio de la Iglesia –dos verdades no pueden ser contradictorias–). Por otra parte, interpreta un texto que no trata de temas de fe o de costumbres sino de astronomía.

3. La interpretación desde la mira aristotélica

La hipótesis de trabajo de Galileo consiste en demostrar la falsedad e imposibilidad de dos sistemas, el aristotélico por una parte y el sistema ptolemaico por otro. También pretende demostrar que el pasaje de *Josué*, X^o, 12^o-13^o puede

ajustarse al sistema astronómico copernicano (cf. Galilei, 1987, 43/286).

En el caso de la carta a Cristina de Lorena, las aseveraciones iniciales cambian. Se mantienen el uso literal de los textos, la imposibilidad del sistema ptolemaico (sin que se cambie el uso literal de las Escrituras) y el triunfo del sistema copernicano. Se deja atrás la imposibilidad del sistema aristotélico (cf. Galilei, 1987, 94-95/343-345). Hay que observar que la discusión es de tipo cosmológico (explicación de la constitución real del Cosmos) y no astronómico (de tipo instrumental, explicación utilizada para salvar las apariencias contradictorias con las teorías cosmológicas [teorías físicas, con mayor precisión, filosofía natural] de los filósofos). Por ello, la teoría impugnada es la teoría física aristotélica y no la teoría astronómica ptolemaica.

En el caso de la primera carta se da inicio con el análisis de las posturas aristotélica y ptolemaica. Galileo realiza tres aclaraciones sobre el movimiento del Sol. En la carta a Cristina de Lorena se omiten estas observaciones pero se presuponen para hacer la crítica correspondiente al sistema ptolemaico.

1. El Sol tiene dos movimientos. El anual de poniente hacia levante. El diurno de levante a poniente.
2. El Sol debe tener, solamente, uno de los dos movimientos antes expuestos, por ser movimientos contrarios entre sí. Al Sol le pertenece el movimiento anual.
3. El movimiento que produce el día y la noche es producto del primer motor o el cielo altísimo (estrellas fijas)⁶² cada veinticuatro horas.

62 Desde una perspectiva aristotélica, debemos entender que el cielo altísimo son las estrellas fijas que son movidas por el primer motor,

4. El movimiento del Sol produce las diversas estaciones y el mismo año (cf. Galilei, 1987, 44/286).

Consecuencias importantes emanan de esta explicación.

1. Primeramente, el Sol se mueve en una dirección definida.
2. Segundo, existe un primer motor que mueve a las estrellas fijas en la dirección contraria a la del Sol.
3. Tercero, el día y la noche son consecuencias del movimiento de las estrellas fijas (cielo altísimo) y no del Sol.

A partir de estas consecuencias Galileo concluye que la interpretación que se debe hacer del texto bíblico desde las perspectivas en pugna es la siguiente:

Ahora bien, si el día depende no del movimiento del sol, sino de aquel del primer motor; ¿quién no comprende que para alargar el día es necesario parar el primer motor y no el Sol? [...] Porque siendo el movimiento del Sol en sentido contrario al de la revolución diurna, cuanto más se desplazase el Sol hacia oriente, tanto más se retrasaría el movimiento de su curso hacia occidente, y disminuyéndose o anulándose el movimiento de Sol, en tanto más breve tiempo llegaría a su ocaso (Galilei, 1987, 44/286-287). (El énfasis con cursiva es mío).

A partir de esto el autor afirma que los sistemas de Ptolomeo y Aristóteles no pueden aceptar que deteniendo el Sol se alargue el día, sino que se da el efecto contrario: se acorta el día. Entonces, para alargar el día e interpretar correctamente o se

y gracias al movimiento de las estrellas fijas se producen el día y la noche, según la explicación de Galileo en esta parte de la Carta.

deben modificar los sistemas o se deben modificar las palabras de la Biblia para que se entienda que se detuvo el primer motor y no el Sol (cf. Galilei, 1987, 44-45/287).

Lo razonable es que Él parase todo el sistema de las esferas celestes, las cuales, después de aquel intervalo de reposo, volvieron armoniosamente a su curso normal (Galilei, 1987, 45/287).

De esta manera, Galileo comprueba que el texto bíblico debe asumir un cambio radical si se quiere interpretar a la luz de los dos sistemas antes nombrados. En vez de afirmar la detención del Sol debería detenerse el primer motor, y esto es precisamente lo que no se podía hacer desde un inicio.

En la carta a Cristina de Lorena no se estructuran de forma detallada las objeciones contra el sistema aristotélico (se omite nombrar este sistema) y el ptolemaico, pero se da una explicación sobre el movimiento del Sol conforme con los sistemas criticados.

Tal cosa, en vista de los movimientos celestes que tienen lugar conforme a la constitución ptolemaica no puede en modo alguno suceder, porque, efectuándose el movimiento del Sol por la eclíptica según el orden de los signos del Zodíaco, el cual es de occidente hacia oriente, esto es, en sentido contrario al movimiento del primer motor que es de oriente a occidente, y que es el que produce el día y la noche, es claro que, cesando el Sol en su verdadero y propio movimiento, el día se haría más corto, y no más largo (Galilei, 1987, 94/344).

A partir de este corto extracto Galileo expone sus críticas al sistema ptolemaico. Las críticas pueden ser analizadas a la luz de los cuatro puntos expuestos al inicio de este acápite y sus respectivas observaciones. Recordemos que el

movimiento que se le atribuye al primer motor es realmente el movimiento de las estrellas fijas. Aún más importante es entender que estas son objeciones que se ajustan principalmente a la cosmología aristotélica y no a la astronomía ptolemaica. A la luz de estas observaciones se entiende con claridad la opción que les propone Galileo a sus contrincantes.

Si no se desea detener a las estrellas fijas (primer motor), entonces la opción que queda es acelerar la marcha del Sol:

Así pues, para hacer que el Sol permaneciese sobre el horizonte durante un cierto tiempo en un mismo lugar, sin declinar hacia occidente, *convendría acelerar su movimiento tanto que se asemejase al del primer motor*, que equivaldría a acelerarlo alrededor de trescientas sesenta veces más de lo habitual en él (Galilei, 1987, 94/343-344). (El énfasis con cursiva es mío).

De igual manera, no se mantiene la literalidad de la Escritura. En este caso, en vez de detener al Sol, la solución es acelerar su marcha de una manera estrepitosa, lo que violenta el requisito propuesto por Galileo al inicio de la interpretación.

Un elemento presente en la segunda carta es la interpretación que los santos padres dan al milagro:

Tal vez esta consideración movió primero a Dionisio Areopagita a decir que en este milagro se paró el primer motor, y parándose éste, en consecuencia se pararon todas las esferas celestes. De esta opinión es el mismo San Agustín, y el Abulense detalladamente la fundamenta (Galilei, 1987, 95/344).

Los santos Padres atribuyen la causa del milagro a la detención no del Sol sino del primer motor. El uso de la interpretación de los santos Padres es un mecanismo presente y aceptado en el Concilio (Sesiones IV^a y V^a) para utilizar su autoridad en pro de esclarecer el sentido real de las Escrituras y en eso consiste la estrategia antes expuesta por Galileo. A la hora de validar su análisis desde el punto de mira de sus contrincantes sobre el milagro, utiliza la afirmación de los santos Padres para afirmar la necesaria detención del primer motor (estrellas fijas) y no la del Sol. En la misma carta, utilizará nuevamente las palabras de Dionisio, obispos y otros personajes de la Iglesia para validar ahora su postura sobre el milagro, siempre dentro de los requisitos del Concilio (cf. 96 y 97).

4. La interpretación desde la mira copernicana

4.1. Carta a Castelli

Ahora le toca el turno a Galileo para demostrar que el sistema de Copérnico es el indicado para interpretar el pasaje bíblico respetando la literalidad de este. En la primera carta se arguye de la siguiente forma:

[S]i conforme a la posición de Copérnico, nosotros atribuyésemos a la Tierra principalmente la rotación diurna, ¿quién no ve que para parar todo el sistema, sin alterar en absoluto el resto de las recíprocas relaciones de los planetas, de forma que solamente se alargase el espacio y el tiempo de la iluminación diurna, bastaría que fuese parado el Sol, como precisamente dicen las palabras del texto sagrado? He aquí, pues, el modo,

según el cual, sin introducir desorden alguno entre las partes del universo y sin cambiar el sentido literal de las palabras de la Escritura, se puede, parando el Sol, alargar el día en la Tierra (Galilei, 1987, 44/288).

Aunque parece que la interpretación no viola el requisito de no cambiar el sentido literal de la Escritura, esto es solo aparente.

Es fácil entender que en el versículo de *Josué* se solicita que el Sol detenga momentáneamente su marcha de un punto a otro (*El Sol se paró en medio del cielo y dejó de correr un día entero hacia su ocaso*). En el caso de la propuesta aquí explicada por Galileo, el Sol sólo rota sobre sí mismo y no se traslada, así que de una manera muy sutil se podría afirmar que hay un cambio en la Escritura por parte de Galileo. Sin embargo, una forma fácil de aludir a este pequeño problema es afirmar que la marcha la realiza la Tierra y que el trazado del Sol de un lugar a otro es sólo aparente.

Pero esto es contraproducente para la interpretación. El atribuir a la Tierra la rotación diurna es un elemento que cambia radicalmente las Escrituras. En un primer instante, el día parece ser trabajo del Sol en el texto bíblico (*El Sol se paró en medio del cielo y dejó de correr un día entero hacia su ocaso*). Si la tesis de Galileo es cierta, Josué habría solicitado a Dios detener a la Luna en su movimiento y detener con mayor ahínco a la Tierra para lograr que el día se alargase, sin necesidad siquiera de nombrar ni, mucho menos, de solicitar que el Sol detuviese su marcha, debido a que es solo aparente y no real. Esto sí modifica la integralidad literal del pasaje bíblico, lo que provoca una infracción a los requisitos propuestos por Galileo.

Otra afirmación controversial en la exégesis bíblica llevada a cabo por Galileo, consiste en afirmar que el Sol proporciona el movimiento a todos los demás cuerpos celestes que conforman el sistema de las esferas celestes:

[Y] siendo, además, muy probable y razonable que el Sol, como instrumento y ministro máximo de la naturaleza, casi corazón del mundo, dé no solamente luz, como claramente da, *sino también el movimiento a todos los planetas que giran en torno a él*; y, si conforme a la posición de Copérnico, *nosotros atribuyésemos a la Tierra principalmente la rotación diurna* (Galilei, 1987, 45/288). (Él énfasis con cursiva es mío).

Siguiendo las consecuencias de adoptar este grupo de afirmaciones, si se quiere alargar el día, según esta interpretación, el procedimiento por seguir es solicitar a Dios detener el Sol, afirmación que está dentro de las palabras de la Escritura y no las modifica (“Josué se dirigió a Yavé y dijo: «Detente, Sol, en Gabaón»”).

Al momento de detener el Sol, la consecuencia es que inmediatamente la Luna se va a detener. Esta afirmación tampoco transgrede la literalidad del texto bíblico (*Josué se dirigió a Yavé y dijo: “Detente, Sol, en Gabaón y tú, Luna, en el Valle de Abyalón”*), y *el Sol se detuvo y la Luna se paró*), pero el efecto de detener al Sol se extiende de manera igualitaria a los confines de todo el sistema, lo que trae por consecuencia que se detengan la Tierra y los demás planetas, y todas las estrellas.

Pero esto nuevamente resulta nefasto en consideración de la literalidad del texto bíblico, ya que solo se solicita que se detengan el Sol y la Luna (*El día en que Yavé entregó al amorreo en manos de los israelitas, Josué se dirigió a Yavé y dijo: “Detente, Sol, en Gabaón y tú, Luna, en el Valle de Abyalón”*), y

el Sol se detuvo y la Luna se paró hasta que el pueblo se vengó de sus enemigos), y no a los demás cuerpos celestes como son la Tierra o las estrellas o los demás planetas a la vez, situación en la que se compromete Galileo si se es consecuente con los presupuestos teóricos que explica.

Una forma de explicar la necesidad de detener todo el sistema de las esferas celestes, es proporcionada por Galileo de esta manera:

Añádase a esto, que no es creíble que Dios parase el Sol solamente, dejando moverse a las demás esferas, porque sin ninguna necesidad habría alterado y cambiado todo el orden, los aspectos y las disposiciones de los otros planetas respecto al Sol, y habría perturbado en gran medida el curso de la naturaleza. Lo razonable es que El parase todo el sistema de las esferas celestes, las cuales, después de aquel intervalo de reposo, volvieron armoniosamente a su curso normal, sin desorden o alteración alguna (Galilei, 1987, 45/287).

La justificación es fácilmente debatible. Si detener solamente el Sol produce perturbaciones en el curso de la naturaleza, ¿qué clase de estragos y perturbaciones puede producir a toda la naturaleza cuando detenemos abruptamente todo el sistema de las esferas celestes? A ciencia cierta nadie sabe y Galileo no puede determinar un efecto de esta índole. Es fácil afirmar que el milagro contempla no producir esos estragos deteniendo solamente a la Luna y al Sol. De cualquier modo, el texto bíblico es nuevamente modificado para poder encajar con la propuesta de Galileo.

En consideración de la consistencia entre la propuesta expuesta por Galileo cuando es comparada con la propuesta teórica de Copérnico, se debe afirmar que hay cuando

menos dos elementos (no menores) que no encajan de forma consistente entre las dos propuestas.

Galileo asume que el Sol se mueve y a la vez proporciona el movimiento a los planetas (cf. Galilei, 1987, en la carta a Castelli 45/288, y en la carta a Cristina de Lorena 96/345), y eso no es consecuente con el sistema copernicano.

La primera afirmación sobre el movimiento del Sol se refuta haciendo una pequeña revisión de las tesis expuestas en el *Commentariolus*, postulados quinto y sexto; en el acápite *Los movimientos aparentes del Sol* (Copérnico, Galilei y Digges, 1986, 27 y 29-31), en los que explícitamente se afirma que el Sol no tiene movimiento alguno, sino que es la Tierra la que se mueve y eso produce en el espectador la idea de movimiento del Sol; y en *De revolutionibus orbium coelestium*, libro tercero, capítulo xxv° (*Del cálculo del movimiento aparente del Sol*), donde se hace nuevamente la afirmación de que la Tierra es la que se mueve y que el Sol sólo aparenta movimiento. “[...] Luego el movimiento simple medio del centro de la Tierra, o puede llamarle el movimiento del Sol [...]” (Copérnico, 1999, 245).

La segunda afirmación que versa sobre la capacidad que tiene el Sol para proporcionar el movimiento a los planetas, se ve refutada por las afirmaciones de Copérnico en *De revolutionibus orbium coelestium*. Primeramente, en el libro primero, capítulo i° (*Que el Mundo es esférico*), se afirma la perfección de la forma esférica, forma presente en el Sol, la Luna y las estrellas; y en el capítulo iv (*Que el movimiento de los cuerpos celestes es igual, circular y perfecto, o sea compuesto de movimientos circulares*), en el que se afirma que el movimiento de los cuerpos celestes es circular “[p]orque el movimiento de las esferas es girar en un círculo, y este acto lo expresa su misma forma, que es el cuerpo más sencillo, donde no hay que buscar ni principio ni fin,

ni distinguir uno de otro, puesto que cada uno se mueve por sí mismo [...]” (Copérnico, 1999, 19).

Esto pone en evidencia que la propuesta interpretativa de Galileo no es completamente afín a los presupuestos de la teoría de Copérnico. Pero el heliocentrismo campea atrás de la propuesta de las dos cartas. La primera afirmación que sustenta esta tesis es la de rotación del Sol sobre sí mismo (cf. carta a Castelli 45/287-288; carta a Cristina de Lorena, 95/345; además, asume la inmovilidad del Sol en el mismo lugar). La segunda afirmación es sobre el giro de los demás planetas en torno del Sol (cf. carta a Castelli 45/288; carta a Cristina de Lorena, 96/345), evidenciando de esta manera la afinidad interpretativa de Galileo con el heliocentrismo. En otras palabras, si somos estrictos en cuanto a la teoría de ambos autores, Galileo realiza una modificación muy clara de la propuesta de Copérnico, asume que el Sol tiene movimiento (gracias a su descubrimiento de las manchas solares) y que es el causante del movimiento de los demás planetas y elementos celestes, modificación que hace de la teoría de Galileo una teoría nueva para explicar *cómo van los cielos*, siempre respetando los postulados básicos de la teoría heliocéntrica, por lo cual podemos afirmar que Galileo hace una defensa del heliocentrismo desde sus presupuestos básicos (el Sol como centro del sistema celeste, postura básica), mas con las particularidades de sus descubrimientos, pero no una defensa de la teoría (estrictamente entendida y postulada) heliocéntrica de Nicolás Copérnico. Expuesto de una manera análoga, podríamos aseverar que existe la siguiente analogía de proporcionalidad propia:

el género : la especie :: el heliocentrismo : x,

donde x puede adquirir los siguientes valores: la teoría copernicana, la teoría galileana o la teoría kepleriana. En este caso Galileo, hace una defensa del heliocentrismo (género) de especie galileana.

4.2. Carta a Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana

En la carta a Cristina de Lorena la propuesta aclara de una mejor manera la explicación necesaria para entender el milagro desde el punto de vista de Galileo, enfocándose en el papel que asume el Sol. Expone, en esta ocasión, en cuatro puntos la explicación del sentido de las Escrituras:

1. Se detuvo todo el sistema de las revoluciones celestes, aceptando la observación de los santos Padres.
2. El Sol gira sobre sí mismo, pero está estático en un solo punto.
3. El Sol es el responsable de infundir el movimiento a los demás cuerpos celestes, por causa de su movimiento giratorio.
4. Por lo tanto, cesando el movimiento del Sol cesa el movimiento de los demás cuerpos celestes. De esta manera, el Sol, la Tierra y la Luna se quedan en su misma constitución, prolongando el día lo necesario (cf. Galilei, 1987, 95-97/345-346).

En esta nueva manera de interpretar el texto, aunque se vuelve más compleja para la valoración de sí, se incumple con la literalidad o no del texto bíblico y los resultados son muy similares o iguales a los de la carta a Castelli.

Un cambio comparativo es que ya no se le atribuye explícitamente la rotación diurna a la Tierra. Sin embargo, si evaluamos este cambio nos damos cuenta de que el

movimiento que se le atribuye al Sol es el giratorio. Siendo consecuente con lo propuesto, se debe afirmar que la Tierra y su movimiento producen el día, lo que sí cambia de forma implícita el sentido literal de las Escrituras, que solicitan al Sol que se detenga para que el día se alargue más. Sin embargo, como se expuso anteriormente, se puede dar una explicación tal que desde la mira de la nueva teoría, ese movimiento que hace el Sol es aparente y, realmente, el movimiento es efectuado por la Tierra.

Pero si evaluamos esto a la luz del cuarto punto se puede ver que, para alargar el día, Galileo propone detener el Sol y la Luna, lo que es correcto relativamente a las Escrituras, pero explícitamente detiene también a la Tierra, modificando de nuevo el sentido literal de las Escrituras. Siguiendo esta última consecuencia, si el Sol es el “motor” del movimiento de los cuerpos celestes, a la hora de parar el Sol se detiene todo el sistema, otro elemento que modifica el sentido literal de la Escritura, la cual solo solicita detener el Sol y la Luna, y no todos los cuerpos celestes.

Y vuelve a no encajar de forma consistente con el copernicanismo, porque Galileo asume que el Sol proporciona el movimiento a los planetas mediante su movimiento propio.

5. La interpretación y el Concilio de Trento

Un elemento de interés y de mayor desarrollo en esta segunda carta, es el papel de la exégesis propuesta por Galileo a la luz del Concilio de Trento (de aquí en adelante, Concilio), en consideración del texto bíblico de *Josué*.

El Concilio de la Contrarreforma establece una serie de elementos que se deben respetar a la hora de realizar interpretaciones del texto bíblico. La Sesión IV^a es de la mayor importancia para esclarecer esta delimitación. De su parte, queda claro que la interpretación de las Sagradas Escrituras es mucho más parcializada, restringiendo las interpretaciones a un grupo reducido que puede leer latín y al cual le sea expresamente permitido exponer sus ideas sobre aquellas:

Decreta además, con el fin de contener los ingenios insolentes, que ninguno fiado en su propia sabiduría, *se atreva a interpretar la misma sagrada [sic] Escritura en cosas pertenecientes a la fe, y a las costumbres que miran a la propagación de la doctrina cristiana, violentando la sagrada [sic] Escritura para apoyar sus dictámenes, contra el sentido que le ha dado y da la santa madre Iglesia, a la que privativamente toca determinar el verdadero sentido, e interpretación de las sagradas letras; ni tampoco contra el unánime consentimiento de los santos Padres, aunque en ningún tiempo se hayan de dar a luz estas interpretaciones* (López de Ayala, 1798a, párrafo 12). (El énfasis con cursiva es mío).

La restricción es explícita, nadie que crea tener un ingenio o presuma de tener uno que le permita interpretar la Biblia puede hacerlo, ya que solo los dictámenes de los sujetos que pertenecen al denominado Magisterio de la Iglesia pueden proceder a dar una interpretación de aquella.

Esto es muy claro, solo aquellas personas que pertenecen a la estructura jerárquica de la iglesia tienen esos derechos (interpretativos), y es más que evidente que no todos dentro de esta estructura serán aceptados para dar su opinión —la interpretación de los pasajes bíblicos. Por ello, resuenan las figuras de los santos Padres un poco más

adelante. Sin embargo, la restricción a la interpretación limita su área de influencia a una especial temática, aquella que trata de las *cosas pertenecientes a la fe y las costumbres que miran la propagación de la doctrina cristiana*. Esta limitación es importante en términos de los temas por tratar. Sin una aclaración de este estilo los conflictos entre religión y ciencias serían múltiples, como múltiples son los temas y afirmaciones en los que se enfrentan estas dos actividades humanas.

Ahora bien, una pregunta emana de esta delimitación: ¿Qué tratamiento queda o debe dárseles a los demás temas que no tratan de fe o de costumbres? El texto no plantea explícitamente la respuesta a esta pregunta (tampoco plantea la pregunta en cuanto que tal), pero esto permite abrir un portillo muy claro y muy amplio en relación con la libertad de estudio o investigación en la ciencia sobre diversos temas. Por otro lado, expone la *no restricción* de llevar a cabo interpretaciones sobre cuestiones diferentes de las de la fe y las costumbres cristianas, elemento que será constantemente utilizado por Galileo en los argumentos expuestos en la *Carta a la señora Cristina de Lorena, Gran Duquesa de Toscana*.

Expongamos los elementos más conspicuos del Concilio en relación con el tema de la interpretación y el papel del Magisterio de la Iglesia:

1. “[...] Que ninguno fiado en su propia sabiduría, se atreva a interpretar la misma sagrada [sic] Escritura en cosas pertenecientes a la fe, y a las costumbres que miran a la propagación de la doctrina cristiana, violentando la sagrada [sic] Escritura [...]” (López de Ayala, 1798a, párrafo 12, Sesión IV^a).

2. En relación con la necesidad de la explicación distinta del significado de las Escrituras y de su justificación

mediante razones, el consentimiento unánime de los santos Padres prevalece (Sesión IV^a).

3. En la ciudad, iglesia o catedral, con o sin diócesis, solo la santa Iglesia, los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios (o substitutos) pueden desempeñar la obligación de transmitir la palabra e interpretarla para todos los ciudadanos (Sesión IV^a-Sesión V^a).

4. Solo los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios o substitutos idóneos electos por los antes mencionados se pueden considerar intérpretes (Sesión IV^a-Sesión V^a).

5. Existen interpretaciones oficiales por parte de la Santa Iglesia, los santos Padres, obispos, arzobispos, primados y ordinarios (Sesión IV^a-Sesión V^a).

6. A la santa madre Iglesia le toca determinar el verdadero sentido e interpretación de las Escrituras (Sesión IV^a).

Es hora de evaluar el proceder interpretativo de Galileo a la hora de abordar el texto bíblico, tomando en consideración las restricciones impuestas en el Concilio.

En relación con la más importante de todas las restricciones, Galileo cumple con esta a cabalidad. Tomando el ejemplo del versículo, notamos que su interpretación no pone en duda cuestiones de fe (en este caso no hay elementos sobre las costumbres), es decir, no cuestiona la omnipotencia de Dios poniendo en duda si puede o no detener el Sol, la Luna o todo el sistema celeste, ni siquiera pone en duda si es un milagro o no, da por un hecho que Dios hace milagros y tiene todas las capacidades para detener lo que desea. En cambio, hace interpretación del pasaje desde la perspectiva exclusiva de la postura astronómica con el fin de evaluar cuál

de todos los sistemas se compagina de mejor manera con el uso literal de las Escrituras.

Valga aclarar que los demás puntos (2-6) tienen significado a la luz de la delimitación expuesta en el punto 1. Eso quiere decir que todas las restricciones impuestas se refieren a temas de fe y costumbres.

Aun así, Galileo es suficientemente cauto y utiliza el papel de los santos Padres (puntos 2-5) para validar su interpretación en varias ocasiones (cf. 95-96) con variedad de figuras como Agustín y el pseudo Dionisio Areopagita, entre otros.

En relación con el punto 6, Galileo afirma lo siguiente:

Pero no por esto quiero inferir, que no deba tenerse la máxima consideración de los pasajes de las Sagradas Escrituras; *al contrario, cuando hayamos obtenido certeza de algunas conclusiones naturales, debemos servirnos de ellas como medios muy oportunos para la verdadera explicación de esas Escrituras*, y para la búsqueda de aquellos sentidos que en ellas necesariamente se contienen, como certísimas y concordes con las verdades demostradas. Considero por esto que la autoridad de las Sagradas Escrituras tiene la intención de persuadir principalmente a los hombres de aquellos artículos y proposiciones que, superando todo humano discurso, no pueden por otra ciencia ni por otro medio hacerse creíbles, más que por boca del mismo Espíritu Santo (Galilei, 1987, 70-71/317).⁶³ (El énfasis con cursiva es mío).

63 Para revisar la postura expuesta en la Carta a Castelli, cf. G. Galilei, 1987, 41/282-283, donde la propuesta es más atemperada. Propone que los santos Padres y sabios se esfuerzen por encontrar el verdadero

La propuesta abre las puertas de la prioridad a la ciencia para dar veredicto sobre temas diferentes de los de la fe y las costumbres. Esto quiere decir que la Biblia debe ser leída e interpretada primeramente a la luz de los conocimientos científicos del momento, situación que obliga no solo a los científicos sino a los sabios, a los santos Padres y al Magisterio completo de la Iglesia a adecuar sus explicaciones a criterios de racionalidad básicos, como lo son los descubrimientos científicos y los conocimientos recolectados a lo largo del tiempo por la humanidad.

Este es el primer paso que debe realizarse en la propuesta de la exégesis bíblica galileana, si entendemos la interpretación bíblica como un proceso.

¿Qué sucede si este primer paso no logra su cometido de interpretar la forma literal de las Sagradas Escrituras? Si el primer paso del proceso no es fructífero y ninguna ciencia puede dar una explicación, mediante la certeza de *conclusiones naturales*, del posible significado literal de un pasaje o texto, el siguiente paso por seguir es aceptar la autoridad de las Sagradas Escrituras y del Espíritu Santo como último recurso para poder entender y explicar pasajes “oscuros”.

Esta última parte del proceso debe ser respetado en temas de orden sobrenatural (fe) y de costumbres. Lo que podemos apreciar es un cierre en el que el autor cede de forma perspicaz el poder y da la última palabra a la Iglesia para que proporcione la interpretación oficial. En el caso de temas distintos de la fe y las costumbres, Galileo cede también una cuota de poder:

sentido de las Escrituras y se revelen acordes con las conclusiones naturales.

Además, digo que también en aquellas proposiciones que no son *de Fide* la autoridad de las mismas Sagradas Escrituras debe ser antepuesta a la autoridad de las escrituras humanas, escritas no con método demostrativo, sino como simple narración o también con razones probables, y que esto debe considerarse tan conveniente y necesario, cuanto que la misma sabiduría supera todo juicio y conjetura humanos (Galilei, 1987, 71/317).

Galileo vuelve a conceder espacio a la Iglesia para que tenga la última palabra en temas diferentes de la fe y las costumbres, siempre que no sean “escrituras con métodos demostrativos”, es decir, ciencia (filosofía entendida de manera restringida). Elemento que aumenta el propio rango impuesto en el Concilio, el cual limitó el ámbito a temas estrictamente de fe y costumbres.

6. Conclusiones

Si debemos juzgar las interpretaciones propuestas por Galileo a la luz de sus requisitos, todas las interpretaciones presentes en las dos cartas, desde los sistemas copernicanos, aristotélicos y ptolemaicos, violentan la idea de no cambiar la literalidad de las palabras de la Escritura.

Galileo no respeta la teoría copernicana al pie de la letra, por asumir que el Sol gira y que es el causante del movimiento de los cuerpos celestes. Por lo tanto, no se puede afirmar que hay una defensa del copernicanismo en las cartas, pero sí una defensa del heliocentrismo.

La interpretación que lleva a cabo Galileo no contradice punto alguno del Concilio de Trento. Respeta a fondo los límites que propone la Iglesia a la hora de abordar las

Sagradas Escrituras; se refiere solo a temas diferentes de los de fe y costumbres; hace uso de las afirmaciones de los santos Padres para interpretar el texto bíblico y, por último, respeta el Magisterio de la Iglesia como último recurso para la interpretación de pasajes lo suficientemente complejos para ser abordados por la ciencia.

Por lo tanto, Galileo no violenta cláusulas del Concilio y se encuentra dentro de los límites que las autoridades interponen a sus feligreses mediante el mismo Concilio, evidenciando que sus cartas estrictamente en el tema de la interpretación no violaron decretos del Concilio como para ser juzgado por las autoridades del Santo Oficio de la Inquisición.

Referencias

- Copérnico, N. (1999). *Revoluciones de las órbitas celestes*. (Primera edición, vol. II). México D. F: Instituto Politécnico Nacional.
- Copérnico, N., Digges, T., & Galilei, G. (1986). *Nicolás Copérnico, Thomas Digges, Galileo Galilei: Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra* (primera reimpresión). (A. Elena, Trad.) Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Galilei, G. (1987). *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*. (M. Gonzáles, Trad.) Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- López de Ayala, I. (Trad.) (1798a). *El sacrosanto y ecuménico Concilio de Trento 1545-1563*. Madrid: Imprenta de Ramón Ruíz. Consultado en la dirección <http://delacuada.net/escorial/trent-01.htm>
- López de Ayala, I. (Trad.) (1798b). *El sacrosanto y ecuménico Concilio de Trento 1545-1563*. Madrid: Imprenta de Ramón Ruíz. Consultado en la dirección <http://delacuada.net/escorial/trent-13.htm>

Capítulo VII° Galileo y Descartes: la matematización de la física⁶⁴

Leonardo Ortiz Acuña

Hacia el siglo VI de la edad antigua se da una revolución en el campo de la matemática liderada por las escuelas llamadas jónica y pitagórica, las cuales cimentaron la idea fundamental de la racionalidad del universo que hasta nuestros días sigue vigente en nuestra sensibilidad científica. No obstante, esta corriente de pensamiento no implicaba que las matemáticas fueran un instrumento para el conocimiento del mundo, sino que fue principalmente concebido como una disciplina que refería únicamente al ámbito de lo ideal, con lo que la matematización de las ciencias naturales (específicamente de la física) como la conocemos hoy en día se da posteriormente, y suele ver entre sus precursores tanto a René Descartes como a Galileo Galilei.

El presente ensayo problematiza esta matematización de la ciencia física, con el objetivo de mostrar que pese a que Descartes desarrolla su pensamiento posteriormente a Galileo (con conocimiento del trabajo de este), y que su desarrollo en matemáticas es más prolijo, este intento

64 N. b.: Este texto ha sido publicado por la *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* (ISSN: 0034-8252) en su volumen LIII°, número 135, enero-abril de 2014, páginas 107-116. El artículo forma parte del *dossier Acerca de Galileo Galilei, filósofo natural e intérprete de las Sagradas Escrituras*.

explícito de Descartes de matematizar la física (presentado en los *Principia philosophiæ*) no logra mejorar el trabajo de Galileo en lo que a la matematización respecta, esto debido a la diferencia de sus métodos, los cuales suponen un papel distinto para la metafísica en el desarrollo del conocimiento. Para esto, se comienza señalando la función que han tenido las matemáticas en la Antigüedad, de manera que se pueda comprender el contraste con la Modernidad respecto de la concepción de las matemáticas. Luego, se hará una descripción del aporte tanto de Descartes como de Galileo en este respecto, para posteriormente señalar, por medio del análisis de dos problemas que estos pensadores han tratado, las diferencias que me llevan a defender la tesis propuesta.

1. Las matemáticas en la Antigüedad

La concepción acerca de la naturaleza de los antiguos pitagóricos estaba fuertemente asociada con los números y las formas geométricas (Coronado, 2013b), es decir, con las armonías de tipo matemático, por lo que dedicaron gran parte de sus indagaciones a esta disciplina. Para los pitagóricos todo es número y todos los números proceden de la *Unidad*, y estos son pares e impares. Como nos explica Coronado (2013b), los números son arreglos numérico-geométricos que se fundan en la *Unidad* y la *Diada* (que en realidad no son números sino principios ontológicos), que por esta razón parten del número tres (conjunción de la *Unidad* y la *Diada*), el cual es considerado el número triangular. Conforme avanza la progresión numérica estos serán cuadrados, oblongos, rectangulares, hasta el punto de llegar a números más complejos que conformarían sólidos.

Por otra parte, al igual que los pitagóricos, Platón consideraba que la clave para el conocimiento del universo reside en el número y la forma (Scott, 1958). Para él, la deidad produce el mundo por medio de armonías matemáticas. El *Timeo* nos muestra dos órdenes distintos de mundo, uno que puede ser aprehendido por medio de la razón, ya que nunca cambia, que es necesario, y otro que es objeto de opinión unida a la sensación irracional. Según Cornford (1997), esto significa que el primero es aprehendido por medio de los argumentos discursivos de la *matemática* y la dialéctica los cuales confieren una segura y cimentada aprehensión de la verdad, mientras que el segundo es simplemente el mundo de las cosas percibidas por nuestros sentidos, el cual no nos confiere verdad alguna.

Así, el mundo de lo sensible es considerado algo que no es completamente real, sin embargo, existe (Coronado, 2013a, 53), lo cual nos muestra una separación en la forma de concebir las matemáticas. Hodgkin (2005) señala que había una visión ampliamente extendida entre los griegos, según la cual existe una matemática terrenal que se usa en la medición (de tierra, por ejemplo) y para llevar cuentas –un uso técnico de la matemática–, y otra superior que es usada para otros propósitos. En Platón, específicamente, estas matemáticas son un ejercicio para alcanzar el mundo de las Ideas. Por esto, las matemáticas más reales son para él las más abstractas, por lo que los números ya no son números de cosas, sino que tienen una existencia independiente como objetos con los cuales se razona.

Así: este estudio del que estamos hablando eleva notablemente el alma y la obliga a discurrir acerca de los Números en sí, sin permitir jamás que alguien discurra

proponiendo números que cuentan con cuerpos visibles o tangibles (*República*, 525d).

Por esto, se puede decir que, así como Coronado (2013a) señala que para Platón una teoría física es solo una imitación de ciencia en la medida en que el mundo físico es una imitación del mundo de las Ideas, las matemáticas terrenales serían una simple imitación de las matemáticas reales, que solo corresponden a las Ideas.

Aristóteles, siguiendo esta línea respecto de las matemáticas, consideró que los matemáticos miden las dimensiones solo después de eliminar todas las cualidades perceptibles,⁶⁵ por lo que la física aristotélica se centra en las cualidades y no en las cantidades, lo cual hace que los objetos físicos sean para él sustancias y no objetos geométricos (Burt, 1954). Como se puede observar en el texto aristotélico *Categorías*, la cantidad, ya sea discreta o continua, es considerada como accidental respecto de los objetos físicos (Dutton, 1999), por lo que la cantidad no se considera realmente una propiedad constitutiva de las cosas.

En este sentido, Platón y Aristóteles defienden un planteamiento no metrológico, o incluso casi antimetrológico, ya que no creían que nuestros cinco sentidos sean capaces

65 En Aristóteles el conocimiento es de lo general, no de lo particular. No obstante, no descarta lo sensorial, ya que en las vías ascendentes del saber es el punto de partida, y de ahí su importancia. Pero este debe ser superado en orden a formular los enunciados generales propios de la episteme. Sin embargo, como podemos ver en la silogística aristotélica, no puede darse un regreso a lo individual. Por otra parte, en Descartes y Galileo es posible conectarse con lo individual mediante las condiciones iniciales, es decir, conociendo el punto de inicio se podrá conocer el punto final, aunque la ley que describe el fenómeno sea abstracta.

de medir con exactitud la naturaleza (Crosby, 1998). Con esto, a pesar de que las matemáticas tienen ya una larga historia en Mesopotamia y Egipto, el surgimiento del Pitagorismo –el cual desencadena toda esta concepción acerca de las matemáticas– transforma el estudio de esta disciplina. En sus manos se convirtió en una disciplina más abstracta y más separada de las necesidades de la vida diaria (Scott, 1958).

2. La matematización de la física: Galileo y Descartes

En los *Principia philosophiæ* (parte II, sección 11), Descartes señala que existe una identidad entre el objeto de estudio geométrico (el espacio) y el objeto de estudio físico (la *res extensa*). Con esto los objetos físicos se transforman en una región del espacio tridimensional euclidiano. En este sentido, la substancia material no tiene por atributos más que los que son cuantificables. La intención de Descartes al realizar este movimiento es la de purificar la física de las cualidades psicológicas que suelen interferir en ella. Según Grosholz (1988), este es el proyecto de la ciencia moderna: conocer la naturaleza aparte de los accidentes de la percepción humana, con lo cual la matemática se convierte en la esencia de la materia. Por esta razón, la geometría de Descartes llega a ser el fundamento del proyecto de matematización. El uso exitoso de la geometría analítica introducido por Descartes presupone una correspondencia total entre el reino de los números y el reino de la geometría (es decir, el espacio):

He [Descartes] perceived that the very nature of space or extension was such that its relations, however complicated, must always be expressible in algebraic formulae,

and, conversely, that numerical truths (with certain powers) can be fully represented spatially (Burt, 1954, 106).⁶⁶

Unido a esto, Descartes, en el *Discours de la méthode* (1637), señala como tercera regla del método “[...] conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus assez à connaître [...]” (Descartes, AT VI, 18),⁶⁷ es decir, parte de lo más simple encontrado en el anterior proceso de análisis (segunda regla del método) en orden a producir conocimiento. A estos elementos simples los llama *naturalezas simples*, las cuales son características últimas de objetos físicos, como la extensión y la figura, por lo que este mismo proceso de análisis en busca de las naturalezas simples debe ser aplicado al estudio de lo físico (Burt, 1954).

Por esto, en la *Geometría*, Descartes toma las líneas rectas como estos elementos simples a los que se reducen todos los problemas de la geometría, y en ese sentido fundan el conocimiento de la *res extensa*:

Tous les Problèmes de Géométrie se peuvent facilement réduire a tels termes, qu'il n'est besoin par après que de connaître la longueur de quelques lignes droites, pour les construire (Descartes, AT VI, 369).

Así, pues, la geometría se vuelve el punto de partida de su matematismo.

66 La geometría analítica desarrollada por Descartes completa el proceso de exclusión de lo sensorial en las matemáticas, porque elimina las imágenes a las cuales estaba limitada la geometría de la Antigüedad.

67 En el presente texto se utilizó la versión de Charles Adam y Paul Tannery de las *Œuvres de Descartes*. Sin embargo, el texto será modernizado por mí.

Previamente a esto, ya Galileo Galilei había retomado este concepto acerca de la naturaleza, de ahí su firme defensa de la importancia de las matemáticas para el entendimiento de la naturaleza, presente en *Il Saggiatore*, con la que Galileo nos dice que las matemáticas son un lenguaje que puede explicar todo lo real y no solo una abstracción:

[...] tal vez piensa que la filosofía es como las novelas, producto de la fantasía de un hombre, como por ejemplo la *Ilíada* o el *Orlando furioso*, donde lo menos importante es que aquello que en ellas se narra sea cierto. Sr. Sarsi, las cosas no son así. La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto (Galilei, 1981, 63).⁶⁸

Al igual que Descartes, Galileo pretende eliminar el problema de la percepción subjetiva del mundo, con lo que la aceptación de modelos matemáticos que no tienen relación con los hechos reales son para Galileo una especie de engaño que no se diferencia de "... la introducción de las simpatías, antipatías, propiedades ocultas, influencias y otros términos usados por algunos filósofos..." (Galilei, 1981, 86).

68 Nótese que el lenguaje de las matemáticas según Galileo se expresa por medio de figuras geométricas, con lo cual expresa un mayor apego a lo físico, a diferencia de Descartes, quien abandona las figuras geométricas.

En ese sentido, el aporte de Galileo a las matemáticas no es un aporte a las matemáticas mismas como disciplina, sino un aporte epistemológico y metodológico, es decir, un aporte al matematismo más que a las matemáticas:

[Galileo's] idea was simple and direct; whenever it is possible to find a mathematical rule which is exemplified by things accessible to sensory verification and which is not contradicted by further experience, we may be certain that rule holds whenever applied (Hall, 1990, 108).

3. Galileo y Descartes respecto de la inercia y la caída de los cuerpos

3.1. La ley de la inercia

La física anterior a Galileo consideraba el movimiento como una cualidad de la cosa, ya sea, como en el caso de Aristóteles, un proceso de actualización de la cosa que la lleva a su lugar natural, o algo que se le imprime al objeto y que le permite mantenerse en movimiento, en el caso de la física del *impetus*, es decir, en ambos casos es algo que afecta o modifica el objeto. Por otra parte, para Galileo es algo que no afecta el objeto, es decir, estar en movimiento o en reposo sería ontológicamente indiferente, en ese sentido sería un estado (Koyré, 1943).

Ahora, ¿cómo lleva esto al principio de inercia? La teoría del *impetus* diría que cualquier cuerpo en movimiento permanece en movimiento en tanto aún cuente con una cantidad suficiente de *impetus*, pero este se iría agotando produciendo que finalmente el objeto se detenga. Sin embargo

Galileo, en los *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, después de demostrar la ley del cuadrado del tiempo, se dispone a demostrar geoméricamente un lema asociado a los teoremas anteriores:

[L]as intensidades [*momenti*] o las velocidades de un mismo móvil son diversas si tienen lugar sobre planos de distinta inclinación; la máxima se alcanza siguiendo la vertical, mientras que en las otras inclinaciones va disminuyendo tal velocidad cuanto más se alejan de dicha verticalidad, esto es, cuanto más oblicuamente se inclinan. De ahí que el impulso [*impeto*], la tendencia [*talento*], la energía [*energia*], es decir, la intensidad [momento] de la caída va disminuyendo en el móvil a causa del plano sobre el que dicho móvil se apoya y desciende (Galilei, 1996, 303).

En este sentido, conforme el plano se acerca a la horizontal, la tendencia al movimiento va disminuyendo hasta el punto en el que al llegar al plano horizontal, esta tendencia desaparece y “el móvil es indiferente con respecto tanto al movimiento como al reposo, no teniendo, por sí mismo, tendencia a moverse hacia ninguna parte ni ofrece tampoco ninguna resistencia a ser movido...” (Galileo, 1996, 304), con lo cual concluye que ese movimiento a lo largo de la horizontal es uniforme y perpetuo (Dutton, 1999).

Lo importante para la presente investigación, no es el hecho de que haya derivado adecuadamente el principio de inercia —efectivamente no lo hace—,⁶⁹ sino el procedimiento que utiliza en su razonamiento, pues este es una derivación

69 Dutton (1999) considera que el problema que enfrenta Galileo en su formulación del principio de inercia radica en el hecho de que su análisis está muy atado al comportamiento de los cuerpos terrestres,

de la ley de la caída de los cuerpos en la medida en que es a su vez una derivación que se presenta en el escolio de la proposición II^a del teorema II^o de la jornada III^a, según la cual “[...] lo demostrado hasta el momento con respecto a las caídas verticales, se cumple del mismo modo también en los movimientos que se realizan sobre planos inclinados, sea cual fuere tal inclinación [...]” (Galileo, 1996, 302), de manera que establece una proporción matemática entre la caída de un cuerpo en un eje vertical y la caída de un cuerpo en un plano inclinado, que se puede ver en la figura 1.

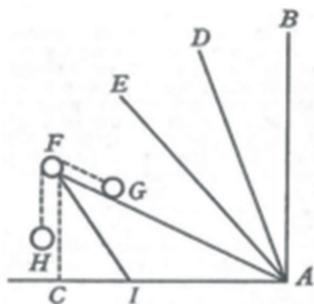


Figura 1. Tomada de *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, 303.

lo cual lo hace incurrir en el error de considerar el movimiento inercial como un movimiento circular.

[I]t is clear that what Galileo has in mind by horizontal plane is a surface section of sphere whose volume is sufficiently large so as to allow that section to be treated as if it were a horizontal plane. And since the sphere in question is clearly the earth, the horizontal path along which a body travels with perpetual and uniform motion turns out to be a path along either the surface of the earth or the surface of the sphere concentric with the earth [...] (Dutton, 1999, 54).

Por otra parte, Descartes utiliza un procedimiento completamente distinto. Descartes elabora tres leyes del movimiento (*Lois de la Nature*), la primera de ellas postula “que chaque partie de la matière, en particulier, continue toujours d’être en un même état, pendant que la rencontre des autres ne la contraint point de le changer” (cf. AT XI, 38); la segunda, “[...] que, quand un corps en pousse un autre il ne saurait lui donner aucun mouvement, qu’il n’en perde en même temps autant du sien; ni lui en ôter, que le sien ne s’augmente d’autant [...]” (cf. 41); y, por último, “[...] que, lorsqu’un corps se meut, encore que son mouvement se fasse le plus souvent en ligne courbe, et qu’il ne s’en puisse jamais faire aucun, qui ne soit en quelque façon circulaire, ainsi qu’il a été dit ci-dessus, toutefois chacune de ses parties en particulier tend toujours à continuer le sien en ligne droite [...]” (cf. 43-44).

Como se puede ver, a diferencia de Galileo, Descartes desarrolla adecuadamente el principio de inercia, en la medida en que identifica este tipo de movimiento como movimiento uniforme rectilíneo. No obstante, las razones que lo llevan a afirmar el principio de inercia son muy diferentes de las de Galileo:

Sachez donc, premièrement, que par la Nature je n’entends point ici quelque Déesse, ou quelque autre sorte de puissance imaginaire; mais que je me sers de ce mot, pour signifier la Matière même, en tant que je la considère avec toutes les qualités que je lui ai attribuées, comprises toutes ensemble, *et sous cette condition*

que Dieu continue de la conserver en la même façon qu'il l'a créée
(Descartes, AT XI, 37). (El énfasis con cursiva es mío).

En ese sentido, la conservación del movimiento de un cuerpo no radica en una propiedad de la materia, sino que está fundamentada en su metafísica, según la cual Dios produce las cosas y no se retira para dejarlas como están; al contrario, se queda y mantiene una constante labor de conservación (Dutton, 1999, 55), por lo que en tanto que no haya una fuerza externa que altere el movimiento de un objeto, este se mantendrá indefinidamente en el mismo estado de movimiento:

Car quel fondement plus ferme et plus solide pourrait on trouver, pour établir une vérité, encore qu'on le voulût choisir à souhait, que de prendre la fermeté même et l'immutabilité qui est en Dieu? Or est-il que des deux Règles suivent manifestement de cela seul, que Dieu est immuable, et qu'agissant toujours en même sorte, il produit toujours le même effet (Descartes, AT XI, 43).

El hecho de que este movimiento sea, además de uniforme, rectilíneo, se debe a que este es el movimiento más simple y a que, por lo tanto, es aquel cuya naturaleza puede ser entendida en un solo instante:

[D]e tous les mouvements, il n' a que le droit, qui soit entièrement simple, et dont toute la nature soit comprise en un instant (Descartes, AT XI, 4-45).

Es decir, ningún objeto puede existir de un momento a otro sin la acción de Dios, y debido a esta inmutable

acción conservadora de Dios, el objeto es conservado cada instante de la misma manera.

3.2. La ley de la caída de los cuerpos

Galileo en el teorema II^o, proposición II^a de la tercera jornada de *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1638), enuncia la ley de la caída de los cuerpos de esta manera:

Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios por él recorridos en cualquier tiempo que sea están entre sí como el cuadrado de la proporción entre los tiempos, o lo que es lo mismo, como los cuadrados de los tiempos (Galilei, 1996, 294).

Esta forma de cómo concibe la caída de los cuerpos se muestra de forma más clara en el diagrama que acompaña al teorema (figura 2), ya que como lo señala Grosholz (1988), con este hace un contraste entre el tiempo y la distancia. En el diagrama de Galileo el segmento HI representa la distancia a través de la cual cae el cuerpo en un movimiento uniformemente acelerado, de manera que HL, LM, MN, NI nos señalan los intervalos que forman una secuencia 1, 3, 5, 7. Por otra parte, el segmento AB no representa ninguna distancia, sino que representa al tiempo (en una línea aparte de la de la distancia), y por último la línea AC, con su respectivo ángulo representa la tasa de aumento de la velocidad en el tiempo (la aceleración), de manera que vemos claramente la inclusión en el sistema galileano del tiempo como magnitud física.

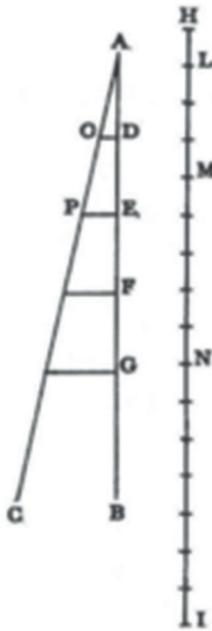


Figura 2. Tomada de *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, 294.

Por otra parte, Descartes no discute cómo combinar distintos patrones de números y resultados geométricos, sino que según su diagrama (figura 3), hay una simple relación entre distancia (ADB) y cantidad de movimiento (triángulo ADE), mostrando que Descartes consideró que en un movimiento uniforme acelerado la velocidad aumenta proporcionalmente a la distancia recorrida, obviando la crucial diferencia entre tomar el tiempo en lugar del espacio como parámetro (Grosholz, 1988).

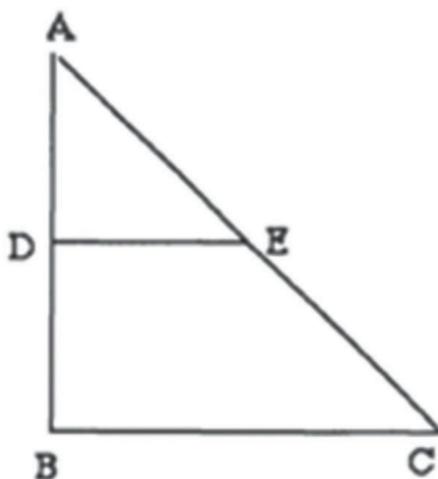


Figura 3. Tomada de R. Descartes, AT X, 219.

Esto está asociado con el hecho de que para Descartes, como ya mencionamos anteriormente, la física está fundada en la identificación de la materia con la extensión, lo cual no le permite utilizar otro parámetro que no esté asociado de manera simple con la extensión (como lo es la distancia). Además, el tiempo no puede ser concebido por Descartes como una magnitud física, ya que, como señala Moreno (2014), Descartes concibe el continuo como una magnitud sin la que es imposible concebir la velocidad de un cuerpo, esto debido a que sin movimiento no hay tiempo, y por lo tanto no puede concebirse instante alguno, es decir, el tiempo parece ser para Descartes solo una particularidad derivada de la extensión, con lo que tomar el tiempo como magnitud sería una violación a la tercera regla del método.

Por otra parte, la caída de los cuerpos es explicada por Descartes como el producto del empuje mecánico de las partículas celestiales sobre las partículas terrestres:

Vis gravitatis a tertia ista globulorum cœlestium actione non multum differt. Ut enim illi globuli per solum suum motum, quo sine discrimine quaquaversus ferunt, omnes cujusque guttæ particulas versus ejus centrum æqualiter premunt, sicque ipsam guttam faciunt rotundam: ita per eundem motum, totius molis terræ occursum impediti, ne secundum lineas rectas ferantur, omnes ejus partes versus medium propellunt: atque in hoc gravitas corporum terrestrium consistit (Descartes, 20, AT VIII, 212).

En ese sentido, para Descartes la caída de los cuerpos es un problema que no tiene nada que ver con las propiedades de los propios cuerpos, sino con las condiciones puestas por la extensión; es decir, a diferencia de Galileo no considera que el peso sea un factor por considerar en este fenómeno, sino solamente la extensión. Este es solamente explicado por la presencia de partículas celestiales que impelen a la materia terrestre, razón por la cual el problema de la caída de los cuerpos es radicalmente distinto para estos pensadores, y nuevamente es resuelto por Descartes partiendo de su metafísica.

En este sentido, las teorías físicas cartesianas son una derivación directa de la metafísica construida por él mismo, de manera que las conclusiones a las que llega (las propiedades que atribuye a las cosas), pese a ser adecuadas, son accidentalmente derivadas, razón por la cual no son tan significativas desde un punto de vista científico como las de Galileo.

4. La diferencia entre Descartes y Galileo

Si bien es cierto que, como se ha mostrado, ambos pensadores parecen estar de acuerdo de manera general en la necesidad de un método matemático para las ciencias, el acercamiento a este método que tienen ambos es radicalmente distinto entre sí.

Esto se hace claro al revisar la opinión cartesiana del trabajo de Galileo. En una carta a Marin Mersenne de 1638, Descartes señala que a pesar de que Galileo es un pensador más hábil de lo usual, pues “[...] il quitte le plus qu’il peut les erreurs de l’Ecole, et tâche à examiner les matières physiques par des raisons mathématiques [...]” (Carta a Mersenne, 11 de octubre de 1638, AT II, 380), comete un error grave, que es el no tomarse el tiempo para explicar completamente los problemas y que sólo ha buscado explicaciones para algunos efectos particulares, mostrando que no ha investigado de forma ordenada y que carece de fundamentos para su constructo; es decir, Descartes achaca a Galileo una falta de fundamentos metafísicos necesarios para sus investigaciones (Dutton, 1999).

Esto nos muestra, como ya lo he mencionado anteriormente, el hecho de que la física de Descartes está explícitamente fundada en la metafísica. Así, en *Meditationes de prima philosophia* (1641), una de las preocupaciones de Descartes está en la fundamentación de su física por medio de la metafísica (Dutton, 1999), cuyo fundamento es Dios, fundamentando asimismo la geometría y, por tanto, el espacio.

Postquam vero percipi Deum esse, quia simul etiam intellexi cætera omnia ab eo pendere, illumque non esse fallacem; [...], nulla ratio contraria afferri potest, quæ me ad dubitandum impellat, sed veram et certam de hoc

habeo scientiam. Neque de hoc tantum, sed et de reliquis omnibus quæ memini me aliquando demonstrasse, ut de Geometricis et similibus (Descartes, AT VII, 70).

Por otra parte, para operacionalizar su método geométrico, Descartes en las *Regulæ ad directionem ingenii* (1701) menciona que se deben seguir dos pasos: *intuición* y *deducción*. Del primer paso proceden las naturalezas simples, como descubrimientos de la intuición y que, por lo tanto, están libres de toda duda. Con estas naturalezas simples intentó hacer la extensión y el movimiento reducibles a la matemática, y recurre a tres características de la extensión para llevarlo a cabo: dimensión, unidad y figura (Burt, 1954). Lo interesante respecto de la dimensión es que, según Descartes, no refiere únicamente al hecho de que longitud, latitud y profundidad son dimensiones, sino que también el peso y la velocidad lo son de la misma manera.

Esto va de la mano con el hecho de que la geometría de Descartes, bajo la idea de seguir “el orden de las razones”, es organizada como una progresión lineal que va desde lo más simple a lo más complejo. Los segmentos de línea recta son “lo más simple”, y todos los problemas geométricos se reducen a problemas relacionados con estos segmentos de línea recta.

Así, Descartes incurre en un error, ya que esta concepción de las cosas lo lleva a negar el peso como una característica y la velocidad como un estado de la materia, perdiendo la posibilidad de pensar en masa y fuerza como dimensiones matemáticas. Aunque la elección de las líneas rectas como elemento simple le permite a Descartes reformular la geometría, estos puntos de partida homogéneos y simples lo hacen excluir otros elementos importantes en la investigación

del mundo físico —áreas, volúmenes, curvas e infinitesimales y procesos temporalmente dinámicos (Grosholz, 1988).

Por otra parte, Galileo tiene una visión distinta de la geometría. Según Leonardo Olschki (citado por Cassirer, 1967), el uso de la geometría por parte de Galileo no puede pensarse en términos puramente abstractos, ya que Galileo construye su mecánica en el contexto de específicos problemas técnicos. Por tanto, Galileo más preocupado por este tipo de problemas, hace del movimiento el primero y más importante tipo de conocimiento del universo natural, pero la armonía que Galileo ve en el mundo no es una simple congruencia de números, sino que radica en que las propiedades físicas cuantificables de las cosas pueden ser representadas por los números (Hall, 1990).

Con esto se nota una diferencia entre la concepción de las matemáticas de Descartes y Galileo, que radica en lo que considero sus fundamentos metafísicos y el método derivado de estos. Por una parte, tenemos un Descartes más preocupado por los fundamentos metafísicos de su física y por la búsqueda de las cualidades fundamentales de las cosas y, por otra, tenemos a un Galileo más preocupado por la solución de problemas concretos y por la obtención de datos que den información acerca del mundo.

Galileo se niega a seguir el mismo camino de Descartes en la especulación metafísica⁷⁰ y, como se puede ver en una carta escrita a Marc Welser en 1612, consideraba que lo mejor

70 Nótese que con esto no intento negar la existencia de fundamentos metafísicos o de una metafísica en Galileo, sino que señalo una despreocupación o una suspensión del juicio respecto de estos, para dedicar los esfuerzos investigativos a los fenómenos claramente cognoscibles, lo cual es una muestra de la clara relación de Galileo con la ciencia contemporánea.

es centrar la atención en las propiedades de la materia que podemos realmente conocer. Así, “[...] like Descartes, he [Galileo] took these to be the geometrical properties; unlike Descartes, he sought no deep metaphysical justification [...]” (Dutton, 1999, 60).

5. Conclusión

La matematización de la física que se llevó a cabo durante los comienzos de la Modernidad, y que cambió completamente la forma de hacer ciencia, es parte de los proyectos tanto de Galileo como de Descartes. Sin embargo, aunque el desarrollo cartesiano es posterior al galileano, el llevado a cabo por Descartes no logra mejorar el trabajo de Galileo. Podemos notarlo en la diferencia de sus métodos.

Por un lado, la física cartesiana se basa en una metafísica que tiene como fundamento a Dios, el cual sirve como punto de partida para sus teorías físicas. Además, su afán por seguir el “orden de los razonamientos” lo lleva a postular como punto de partida de su matematismo las líneas rectas, con lo cual ignora las áreas, volúmenes, infinitesimales, por lo cual se hizo imposible para él concebir magnitudes de la física moderna como lo son la masa, la fuerza y el tiempo.

Por otra parte, Galileo muestra una actitud hacia la metafísica que es plenamente moderna, pues parece haber en alguna medida una suspensión del juicio respecto de los fundamentos metafísicos y, en lugar de eso, una preocupación mayor por resolver problemas específicos. Su matematismo se basa en las propiedades cuantitativas de los cuerpos reales y, en menor medida, en procedimientos matemáticos abstractos, permitiéndole tomar en cuenta magnitudes físicas

como el volumen, la masa, la fuerza y el tiempo. De manera que en Galileo vemos más claramente la utilización de la matemática para la descripción y predicción de fenómenos físicos propia de la física contemporánea, ausente en el trabajo de Descartes. De esta manera, aunque Descartes aporta muchísimo a la matemática, aporta muy poco al matematismo; y aunque Galileo aporta muy poco a la matemática, aporta muchísimo al matematismo.

Referencias

- Burtt, E. A. (1954). *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. New York: Anchor Books.
- Cassirer, E. (1967). Mathematical mysticism and mathematical science. En McMullin, E.: *Galileo. Man of Science* (338-351). New York: Basic Books.
- Cornford, F. (1997). *Plato's cosmology. The Timaeus of Plato*. Indianapolis: Hackett Publishing Company.
- Coronado, G. (2013a). Consideraciones acerca de la teoría platónica de los cuatro elementos: su status epistemológico. En Coronado, G.: *Apuntamientos de historia del pensamiento científico*. (53-74). San José: Antanaclasis, Editores, S. A.
- . (2013b). Los pitagóricos: matemática e interpretación de la naturaleza. En Coronado, G.: *Apuntamientos de historia del pensamiento científico*. (7-28). San José: Antanaclasis, Editores, S. A.
- Crosby, A. W. (1998). *La medida de la realidad. La cuantificación y la sociedad occidental, 1250-1600* (Trad. Jordi Beltrán). Barcelona: Crítica.

- Descartes, R. (1909). *Œuvres de Descartes* (Vol.s II, VI, VII, VIII y XI) (C. Adam y P Tannery, eds.) Paris: Léopold Cerf Imprimeur-Éditeur.
- Dubarle, D. (1967). Galileo's Methodology of Natural Science. En McMullin, E.: *Galileo. Man of Science* (295-314). New York: Basic Books.
- Dutton, B. (1999). Physics and Metaphysics in Descartes and Galileo. *Journal of the History of Philosophy*, 36 (1), 49-71.
- Galilei, G. (1996). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. (Trad. Javier Sádaba). Barcelona: Planeta De Agostini.
- _____. (1981). *El ensayador*. (Trad. J. M. Revuelta). Buenos Aires: Aguilar, S. A. de Ediciones.
- Galilei, G. y Scheiner, C. (2010). *On Sunspots* (Trad. Eileen Reeves y Albert Van Helden). London: The University of Chicago Press.
- Grosholz, E. (1988). Geometry, Time and Force in the Diagrams of Descartes, Galileo, Torricelli and Newton. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, (2), 237-248.
- Hall, A. R. (1990). Was Galileo a Metaphysicist? En Levere, T. H. y Shea, W. R. (Eds.): *Nature, Experiment, and Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 105-121.
- Hodgkin, L. (2005). *A History of Mathematics. From Mesopotamia to Modernity*. New York: Oxford University Press.
- Koyré, A. (1943). Galileo and Plato. *Journal of the History of Ideas*, 4 (4), 400-428.
- _____. (1937). La loi de la chute des corps: Galilée et Descartes. *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, 5/8 (Mai-Août), 149-204.

- Moreno, J. (2014). El encuentro entre René Descartes e Isaac Beeckman (1618-1619): El tratado hidrostático. *Theoria*, 79, 149-166.
- Platón (1992). *Timeo*. En *Diálogos VI*. (Trad. de Francisco Lisi). Madrid: Gredos.
- Scott, J. F. (1958). *History of Mathematics. From Antiquity to the Beginning of the Nineteenth Century*. London: Taylor & Francis.

Capítulo VIII°

Tiempo, espacio, lugar y movimiento en el primer *Escolio* de los *Principia* de Newton

Guillermo Coronado Céspedes

1. Introducción

Isaac Newton (1642-1727), en sus *Principios matemáticos de filosofía natural*, Londres 1687, ofrece una exposición axiomática de su nueva mecánica celeste.⁷¹ En consecuencia, el núcleo inicial de su propuesta es un conjunto de definiciones, ocho, y un conjunto de axiomas o leyes —los tres Axiomas o Leyes del movimiento y seis corolarios—. Con base en estos fundamentos, en tres libros subsiguientes, a saber, Del movimiento de los cuerpos, Del movimiento de los cuerpos en medios resistentes y Sistema del mundo, Newton desarrolla el cuerpo de la doctrina, un gran conjunto de proposiciones. Más adelante, en el libro, introduce el principio de gravitación universal. Por ello, en el mejor estilo del axiomatismo matemático originado en Euclides y sus *Elementos de geometría*, pero con raíces doctrinales en la “episteme” de Platón y

71 Newton, Isaac. 1987. *Principios matemáticos de la filosofía natural*. I-II. Alianza Editorial, Madrid. En lo que sigue, citamos por número de página del primer volumen. La primera edición apareció en Londres, editada por E. Halley. La segunda, en 1713, Cambridge, bajo la edición Roger Cotes, quien redacta un muy importante *Prefacio* para esa segunda edición. Y la tercera, en 1726, Londres, bajo el cuidado editorial de H. Pemberton.

Aristóteles, se tienen definiciones, axiomas y proposiciones —esto es, teoremas.

Entre las definiciones, ocho como se dijo antes, vale la pena mencionar las primeras cinco, como simple ejemplo, y además señalar que Newton ofrece una explicación más o menos extensa de cada una de ellas. Euclides simplemente propone sus veintitrés definiciones iniciales.

Definición primera. “La cantidad de materia es la medida de la misma originada de su densidad y volumen conjuntamente” (Newton, 1987, 121).

Con esta definición, Newton introduce el concepto preciso y cuantificable de masa, esencial para todo el desarrollo posterior.

Definición segunda. “La cantidad de movimiento es la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente” (Newton, 1987, 122).

Gracias a esta segunda definición, se proporciona el concepto de *momentum*, momento, esto es $F=mv$, magnitud que posteriormente se contrapone a la vis viva, $\frac{1}{2}$ masa por la velocidad al cuadrado, concepto clave de la física de Leibniz y su dinamismo físico de las mónadas o centros de actividad. Newton plantea, por el contrario, una mecánica a partir de una materia inerte, que se manifiesta atómicamente; átomos sobre los que actúan fuerzas que les son externas por naturaleza.

Definición tercera. “La fuerza ínsita de la materia es una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, por cuanto de él depende, persevera en su estado de reposo

o de movimiento uniforme y rectilíneo” (Newton, 1987, 122).

Incidentalmente, nótese que se plantea el concepto de estado natural de un cuerpo, a saber: el reposo o el movimiento uniforme y rectilíneo, modificando fundamentalmente la estructura de la física aristotélica, con su idea del reposo como único estado natural, es decir, que no requiere explicación ni teórica ni causal. En efecto, para Aristóteles, el estado natural era el reposo y todo movimiento requería una explicación o causa para ser comprendido. Dicha causa podía ser intrínseca, es decir, el movimiento se daba por la propia naturaleza del móvil, o extrínseca, se movía por acción de un motor o causa externa a su naturaleza. Así se entienden los movimientos de los graves y los proyectiles. Por el contrario, para Newton tanto el reposo como el movimiento uniforme en línea recta no requerían de explicación causal sino que se justificaban por sí mismos. Y de manera más concreta, son la expresión del principio de la inercia, que en consecuencia adquiere el estatus crucial en la construcción de la mecánica, luego de los atisbos de Galileo con su movimiento circular indiferente y el concepto más preciso de Descartes, pero no equivalente al de Newton, dado que Descartes no introduce en su física fuerzas, sino solamente choques. Además, la *vis insita* se denomina en la explicación newtoniana *vis inertiae*, o fuerza inercial.

Definición cuarta. “La fuerza impresa es la acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo” (Newton, 1987, 123).

Newton comenta, a continuación, que esta fuerza consiste solamente en la acción y que ella no permanece en el cuerpo después de dicha acción, pues el “[...] cuerpo permanece en el nuevo estado únicamente por la inercia [...]”. Y agrega, lo cual es muy importante, que la “[...] fuerza impresa tiene diferentes orígenes, tales como un golpe, una presión, la fuerza centrípeta [...]” (*Idem*). Estas fuerzas centrípetas se presentan en la siguiente definición, como ya veremos.

Por nuestra parte, cabe apuntar que estas fuerzas causan aceleraciones y rompen un posible estado equilibrado de los cuerpos en el universo, ya sea en reposo o en movimiento uniforme rectilíneo, según se concebiría a partir del principio de la inercia. Por supuesto, esta es una extrapolación lógica de los principios teóricos de Newton; no una posibilidad que a él le interese, pues el universo está en estado de movimientos diversos gracias al “empujón inicial del creador”. La principal de estas fuerzas es la fuerza de atracción representada por el principio de gravitación universal, otro de los pilares del sistema axiomático que Newton propondrá mucho más adelante en los *Principia*.

Definición quinta. “La fuerza centrípeta es aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos, empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como a un centro” (Newton, 1987, 123).

En la explicación a continuación, Newton señala que de este tipo es la gravedad por la que los cuerpos tienden al centro de la Tierra; también el magnetismo por el que el hierro tiende hacia el imán; y la fuerza, “[...] cualquiera que sea, por la que constantemente los planetas se ven apartados de

las trayectorias rectilíneas y se ven obligados a permanecer girando en líneas curvas [...]” (*Idem*).

Nótese, sin embargo, que las definiciones anteriormente citadas suponen conceptos o términos no previamente definidos como en el caso de las definiciones de Euclides, en que su primera definición, punto es aquello que no tiene partes, supone el concepto de parte no definido previamente. Por ello, cuando a continuación de la explicación de la octava definición, Newton propone un primer *Escolio* (cf. Newton, 1987, 127-134), se espera que aclare esos términos asumidos y no definidos.

Pero ese no es el caso, sino que Newton considera más importante aclarar el sentido de los conceptos implícitos en ellas, de sobra conocidos por todos, pero crucialmente malentendidos, pues el “[...] vulgo no concibe estas magnitudes si no es con respecto a lo sensible [...]” (Newton, 1987, 127). Por ello, el *Escolio* se consagra a esclarecer los significados de los conceptos de tiempo, espacio, lugar y movimiento. Y para superar los malentendidos, antes apuntados, es necesario en primer lugar “distinguir estas magnitudes en absolutas y relativas, verdaderas y aparentes, matemáticas y vulgares” (*Idem*).

A este primer *Escolio*, a las cuatro nociones de tiempo, espacio, lugar y movimiento, a las distinciones fundamentales en cada una de ellas y a su importancia doctrinal se dedica esta exposición.

2. El tiempo

Se empieza con la definición de tiempo que es la primera que ofrece Newton y que sorprende pues dada la forma de entenderse la mecánica newtoniana, ya sea por su creador

como por sus seguidores, se habría esperado en primer lugar la definición de espacio. En efecto, en dicha interpretación rige una fundamental espacialización de la realidad en la perspectiva atomista y cartesiana. Ejemplo de ello será toda la discusión del movimiento absoluto que es básicamente espacial.

I. El tiempo absoluto, verdadero y matemático en sí y por su naturaleza y sin relación a algo externo, fluye uniformemente, y por otro nombre se llama duración; el relativo, aparente y vulgar, es una medida sensible y externa de cualquier duración, mediante el movimiento (sea la medida igual o desigual) y de la que el vulgo usa en lugar del verdadero tiempo; así, la hora, el día, el mes, el año (Newton, 1987, 127).

Se tiene una diferenciación fundamental entre el tiempo tomado como absoluto, verdadero y matemático, por una parte, y el tiempo como relativo, aparente y vulgar, por la otra. En el primer sentido, ese marcado por la tríada de lo absoluto-verdadero-matemático, se denomina también “duración”. El segundo, relativo-aparente-vulgar es una medida sensible y externa de cualquier duración, dependiente del movimiento y que se toma en lugar del tiempo verdadero. Ese movimiento nos define la hora, el día, el mes, el año. Supone observadores, relojes, movimientos repetibles y, por ende, es relativo a todos estos condicionantes. Por el contrario, y esto es lo fundamental, el tiempo verdadero por su propia naturaleza fluye uniformemente sin relación con nada externo a él –movimientos, cosas, relojes, observadores. El tiempo absoluto simplemente fluye de manera uniforme.

Desde otra perspectiva, el tiempo absoluto-verdadero-matemático es una simple sucesión de instantes,

homogénea, infinita. Una sucesión de instantes, atemporales, como el espacio es un entramado de puntos, no espaciales. Recordemos que el tiempo es simple sucesión mientras que el espacio es mera yuxtaposición. Pero es también una substancia, un existente por sí, indiferente a la existencia de cosas temporales, esto es, cosas externas al tiempo que se coloquen en ese fluir incesante y uniforme. Pero ya volveremos sobre esto al considerar la substancialidad del espacio absoluto.

El tiempo relativo, en cierto sentido coincide con el concepto aristotélico de tiempo como la medida del movimiento según lo anterior y lo posterior. Concepto que obviamente hace referencia a observadores que miden, movimientos uniformes que son medidos, y a una pluralidad de objetos que permiten los movimientos uniformes y la medición de estos. Tiempo que sin embargo no fluye por su propia naturaleza o por sí mismo, sino que es el resultado de una reiteración de ciclos medidos con todos sus condicionantes. Tiempo que es, en última instancia, una construcción sobre lo sensible, lo empírico. Por ello su condición de relativo, aparente, vulgar.

Además, Newton apunta que

[e]l tiempo absoluto se distingue del relativo en Astronomía por la ecuación del tiempo vulgar. Pues desiguales son los días naturales, que son tenidos por iguales por el vulgo al medir el tiempo. Los astrónomos corrigen esta desigualdad al medir con tiempos más exactos los movimientos celestes. *Es posible que no haya ningún movimiento igual con el que medir exactamente el tiempo.* Todos los movimientos pueden acelerarse y retardarse, pero el flujo del tiempo absoluto no puede alterarse. La duración o permanencia de las cosas en la existencia es la misma, tanto si los movimientos son rápidos, como si

son lentos, como si no los hubiese; por tanto, la duración se distingue claramente de sus medidas sensibles, a la vez que de ellas se deduce por la ecuación astronómica. La necesidad de esta ecuación para la determinación de los fenómenos se patentiza tanto por el experimento del reloj oscilatorio como por los eclipses de los satélites de Júpiter [...] (Newton, 1987, 129). (El énfasis con cursiva es mío).

Por ejemplo, en nuestros días se emplean relojes atómicos para tener la referencia universal del tiempo —y en relación con ellos, nuestra Tierra se atrasa en su movimiento.

3. El espacio

II. El espacio absoluto, por su naturaleza y sin relación a cualquier cosa externa, siempre permanece igual e inmóvil; el relativo es cualquier cantidad o dimensión variable de este espacio, que se define por nuestros sentidos según su situación respecto a los cuerpos, espacio que el vulgo toma por el espacio inmóvil: así, una extensión espacial subterránea, aérea o celeste definida por su situación relativa a la Tierra. El espacio absoluto y el relativo son el mismo en especie y magnitud, pero no permanecen siempre el mismo numéricamente. Pues si la Tierra, por ejemplo, se mueve, el espacio de nuestra atmósfera que relativamente y respecto a la Tierra siempre permanece el mismo, ahora será una parte del espacio absoluto por la que pasa el aire, después otra parte y así, desde un punto de vista absoluto, siempre cambiará (Newton, 1987, 127).

Primero. El espacio absoluto es una substancia, en tanto que no requiere o depende de alguna cosa externa, sino solamente de sí mismo para asegurar su existencia. Para mayor precisión, el espacio no depende de ninguna cosa natural externa a él para ser lo que es.⁷²

Segundo. Dado el estatus ontológico del espacio absoluto, delineado en el párrafo anterior, se sigue que este es completamente indiferente ante cualesquiera cosas que ocupen sus regiones. Puede, indiferentemente, estar ocupado o totalmente vacío. Lo uno o lo otro no le afecta en forma alguna, pues su estatus substancial no depende de absolutamente nada físico externo a sí mismo. Asimismo, se infiere de tal indiferencia que el espacio no ejerce acción causal ninguna sobre los objetos materiales que, de hecho, llenen con su presencia las diversas pero idénticas regiones que lo conforman. En breve, el espacio absoluto es causalmente inactivo.

Para clarificar la cuestión respecto de Descartes, recuérdese que Descartes identifica espacio y materia, la extensión es materia y, por ende, no existe el espacio vacío.

72 Desde otro punto de vista, teológico-metafísico, tal espacio absoluto depende de la divinidad puesto que es su sensorio, pero esto no afecta a la cosmología y a la concepción de la naturaleza. Una tal independencia y substancialidad del espacio absoluto implica que él podría existir aunque nada estuviera ocupando un lugar en él. Es decir, que podría no existir materia en el espacio y ello no sería obstáculo para la existencia del espacio o vacío absoluto. En otros términos, que al contrario de la tradición atomística, el espacio newtoniano tiene prioridad lógica sobre la materia, aunque también, dado el contexto cristiano de la creación, prioridad cronológica. Empero, desde un punto de vista de la fundamentación ontológica de la cosmología, tanto los átomos y fuerzas en el espacio son últimos factores explicativos. No se debe olvidar la incapacidad causal del espacio y del tiempo absolutos. Y lo mismo debe predicarse del tiempo absoluto.

Ciertamente el espacio cartesiano no es finito, pero tampoco se afirma como infinito sino como indefinido, una categoría de compromiso muy discutible.

Adicionalmente puede señalarse que este espacio absoluto es una yuxtaposición de puntos y, en consecuencia, es homogéneo, inmutable, infinito, eterno. Aunque en un análisis categorial más detallado resulta que la homogeneidad, la igualdad de todas sus regiones, es la propiedad fundamental que genera todas las ulteriores. Así, no puede tener límites porque los límites serían regiones heterogéneas respecto de las no límites. Es isotrópico porque tener regiones diferenciadas iría en contra de la igualdad u homogeneidad de sus regiones.

El tiempo absoluto es también, como el espacio absoluto, substancial. No depende de las cosas materiales que contingentemente podrían estar colocadas en el constante fluir del tiempo o duración, ni requiere de ellas, ni ellas lo afectan. Si tales entidades existen y están colocadas en el tiempo, el tiempo como entidad absoluta el también totalmente indiferente a aquellas. Es decir, el tiempo absoluto es vacío en su propia naturaleza, simplemente un fluir siempre igual, esto es, homogéneo, infinito. Newton también lo caracterizará como uno de los sensorios divinos, en este caso, interior a la divinidad. El espacio absoluto sería el sentido externo de esta.

Ambos, tiempo y espacio absolutos, pueden tener relación con cosas u objetos, que en consecuencia llamaríamos temporales, pero como se desprende de la substancialidad y homogeneidad de ambos, esta relación sería totalmente contingente y no afectaría en sí a los marcos de simultaneidad y sucesión.

Todo lo anterior conlleva una muy interesante y significativa consecuencia en la concepción de la naturaleza de Newton. El espacio no manifiesta ninguna relación necesaria, esto es, ontológica, con cosa alguna. Luego, la existencia de cosas materiales, que pueden ocupar algunas o todas las regiones del espacio, es solamente una cuestión de hecho. Una situación contingente, no necesaria. El espacio real, verdadero, matemático, absoluto, podría ser absolutamente vacío y su existencia no sería afectada en modo alguno. Por otra parte, la materia requiere de la existencia del espacio para ser y ser concebible. Los átomos materiales ocupan un lugar en el espacio. Además, y esto es crucial, la materia en el espacio no implica la existencia de movimientos reales en él, puesto que todos los átomos podrían estar y permanecer en reposo, según se desprende de la primera de las leyes del movimiento. La total realidad material, esto es, el conjunto de átomos podría estar en perfecto estado de reposo. Lo que no afectaría en modo alguno a la espacialidad. Ahora bien, como cuestión de hecho, el universo manifiesta no solamente materia, sino materia en movimiento. Pero como ello podría concebirse como en estado de movimientos inerciales, perfectamente equivalentes y naturales, lo que debe enfatizarse es que el universo manifiesta materia en movimiento susceptible de alteraciones. Estos movimientos, no de índole inercial sino “acelerada”, en el sentido técnico del término, son lo que hace posible la máquina del universo, por una parte; y lo que requiere la presencia de otro factor óptico con eficiencia causal que los produzca. Este factor no es otro que las fuerzas atractivas y repulsivas, planteadas al comentar algunas de las definiciones iniciales, como se señaló anteriormente.

Otra cosa es en el caso de las nociones relativas, aparentes o vulgares de cada uno de ellos. En tal caso, sin objetos

exteriores a ellos no tendría sentido el hablar de sucesiones temporales y entramados espacialmente yuxtapuestos.

4. El lugar

III. Lugar es la parte del espacio que un cuerpo ocupa y es, en tanto que espacio, absoluto o relativo. Digo parte del espacio, no situación del cuerpo ni superficie externa (Newton, 1987, 128).

En primera instancia, se debe tener muy claro que Newton no dice relación alguna, con esta definición de lugar, con el concepto de lugar del aristotelismo. Concepto que para la concepción del Estagirita sustituye al de espacio, que por asociación con el vacío de los atomistas o la nada, no puede tener lugar en el sistema de la naturaleza. El lugar aristotélico, por el contrario, es un concepto de relación entre la superficie del cuerpo envolvente y el cuerpo envuelto, este último capaz de traslación. El lugar se define por esa relación, y no subsiste ni persiste a la relación. Se define en cada momento de la relación. Así, el universo es el lugar de los cuerpos pero no tiene lugar, puesto que no tiene posibilidad de traslación. En efecto, tiene rotación pero no traslación; y no puede trasladarse pues fuera de él no hay nada y por ende no hay cuerpos que puedan envolverlo.

Newton define al lugar en relación con el espacio absoluto, el cual sí puede existir sin relación con cuerpos.

Ya de manera directa, Newton sigue en su comentario apuntando que

[l]a situación, hablando propiamente, no tiene cantidad y no es tanto un lugar cuanto una propiedad del lugar. El movimiento del todo es el mismo que la suma de los movimientos de las partes, esto es, la traslación del todo de su lugar es la misma que la suma de las traslaciones de sus lugares de las partes, y por tanto, el lugar del todo es igual a la suma de los lugares de las partes y, por consiguiente, interno y solidario con el cuerpo [...] (Newton, 1987, 128).

Aunque pareciera una definición de un concepto algo secundario, este adquiere su importancia al discutir el tema del movimiento, por lo que sí resulta de importancia primaria.

5. El movimiento

IV. Movimiento absoluto es el paso de un cuerpo de un lugar absoluto a otro lugar absoluto, el relativo de un lugar relativo a otro lugar relativo (Newton, 1987, 128).

Lo anterior es el núcleo conceptual fuerte de la definición de movimiento absoluto y, por eso, la hemos destacado del resto del texto que Newton ofrece de manera más detallada. En efecto, él sigue diciendo que

[a]sí, en una nave empujada por las velas desplegadas, el lugar relativo de un cuerpo es aquella región de la nave en que está el cuerpo, o sea, la parte de la cavidad total que llena dicho cuerpo y que, por consiguiente, se mueve a la vez que la nave mientras que el reposo relativo es la permanencia del cuerpo en la misma región de la nave

o en la misma parte de su cavidad. Pero el reposo verdadero es la permanencia del cuerpo en la misma parte del espacio inmóvil en que se mueve la nave misma junto con su cavidad y todos sus contenidos. De donde si la Tierra verdaderamente está en reposo, el cuerpo que en la nave permanece relativamente en reposo se moverá verdadera y absolutamente con la misma velocidad con que la nave se mueve sobre la Tierra. Si la Tierra también se mueve, constará el verdadero y absoluto movimiento del cuerpo, parte del verdadero movimiento de la Tierra en el espacio inmóvil, parte de los movimientos relativos de la nave sobre la Tierra: y si el cuerpo también se mueve relativamente a la nave, constará su verdadero movimiento, parte del verdadero movimiento de la Tierra en el espacio inmóvil, parte de los movimientos relativos, tanto de la nave respecto a la Tierra como del cuerpo respecto a la nave, y de estos movimientos relativos constará el total movimiento relativo del cuerpo respecto a la Tierra [...] (*Idem*).⁷³

Para reforzar su definición de movimiento absoluto y verdadero, Newton hace énfasis en que del mismo modo que el orden de las partes del tiempo es inmutable, “así lo es el orden de las partes del espacio”. Y que si estas se movieran de sus lugares, se moverían de sí mismas. “[...] Pues el tiempo y el espacio son los cuasi-lugares de sí mismos y de todas las

73 Y Newton cierra su texto ofreciendo una versión cuantitativa del movimiento de la nave en la Tierra. Dice que

[a]sí, la parte de la Tierra ocupada por la nave se mueve verdaderamente hacia Oriente con velocidad de 10.010 partes y la nave es empujada hacia Occidente por el viento y las velas con velocidad de 10 partes y un marino camina por la nave hacia Oriente con velocidad de 1 parte, el marino se moverá en el espacio inmóvil hacia Oriente con la velocidad de 10.001 partes, y relativamente a la Tierra se moverá hacia Occidente con la velocidad de 9 partes [...] (Newton, 1987, 128-129).

cosas [...]”.⁷⁴ Por cierto, la noción de cuasi lugar no ha sido definida previamente. Pero ya sabemos que esto es “normal” entre los enfoques axiomáticos previos al siglo XX.

Volviendo al tema que nos ocupa, Newton afirma que

[t]odas las cosas se sitúan en el tiempo en cuanto al orden de la sucesión y en el espacio en cuanto al orden de lugar. Es de su esencia el ser lugares y absurdo pensar que los lugares primeros se muevan. *Por tanto, estos son lugares absolutos y únicamente las traslaciones desde estos lugares son movimientos absolutos [...]* (Newton, 1987, 129). (El énfasis con cursiva es mío).

El último texto, en cursiva, complementa la definición del movimiento absoluto previamente establecida.

El punto crucial aquí es la determinación del movimiento absoluto pues supone relación directa con el espacio y el tiempo absolutos; y como se ha señalado, ellos no son de naturaleza sensible sino totalmente independientes de lo sensible. Pareciera que se está ante el peligro de plantear un concepto de movimiento absoluto incognoscible e indeterminable. Es decir, se plantearía una hipótesis vacía de contenido, un poco al estilo de aquellas cualidades ocultas de

74 [...] Del mismo modo que el orden de las partes del tiempo es inmutable, así lo es el orden de las partes del espacio. Si éstas se movieran de sus lugares, se moverían (por así decirlo) de sí mismas. Pues el tiempo y el espacio son los cuasi-lugares de sí mismos y de todas las cosas. Todas las cosas se sitúan en el tiempo en cuanto al orden de la sucesión y en el espacio en cuanto al orden de lugar. Es de su esencia el ser lugares y es absurdo pensar que los lugares primeros se muevan. Por tanto, estos son lugares absolutos y únicamente las traslaciones desde estos lugares son movimientos absolutos [...]

(Newton, 1987, 129).

los filósofos naturales escolástico-aristotélicos. Ejemplo de ellas sería la tendencia natural a moverse hacia el centro de la Tierra, en la caída de los graves, que sería resultante de la *gravitas*. Pero Newton declarará que él no propone hipótesis sin contenido empírico, hipótesis vacías. Es su famosa declaración de *hypotheses non fingo*.⁷⁵ Luego, debe encontrarse alguna manera de justificar tales hipótesis. Podría afirmarse que son hipótesis “cubo”, cuando se hace referencia a los conceptos de espacio, tiempo y movimiento absolutos. Pero para ello debemos esperar un poco para considerar “el experimento del balde” y el de “las dos esferas”.

Por ahora, Newton apunta que por eso se emplean movimientos relativos en las condiciones de vida cotidiana, o medidas sensibles de movimientos. Igualmente, está claro que estos movimientos relativos y sensibles no son adecuados para una consideración de movimientos absolutos, pues el espacio y el tiempo absolutos, marcos de referencia de los movimientos de la misma naturaleza verdadera, no son objeto de alcance y distinción por nuestros sentidos. Luego, Newton precisa que en consideraciones más estrictas, por ejemplo, “[...] para la Filosofía [...] es preciso abstraer de los sentidos. Pues es posible que en realidad no exista ningún cuerpo que esté en total reposo, al que referir lugar y movimiento [...]” (Newton, 1987, 129-130). En efecto, en la consideración vulgar del movimiento, se supone por las “[...] posiciones y distancias de las cosas a un cierto cuerpo que consideramos inmóvil, definimos todos los lugares; posteriormente interpretamos todos los movimientos por respecto a los antedichos lugares, en tanto que los concebimos como pasos de los cuerpos por estos lugares. Así, usamos de

75 La expresión aparece en el *Escolio General* que cierra los *Principia* (Newton, 1987, vol. II, 785), en la segunda edición (1713).

los lugares y movimientos relativos en lugar de los absolutos y con toda tranquilidad en las cosas humanas [...]” (129). Pero como se sentenció antes, para el análisis filosófico, esto es, no vulgar sino verdadero, un enfoque tal no es en absoluto aceptable y suficiente.⁷⁶

En consecuencia, como se dijo antes, el problema crucial es establecer la posibilidad de los movimientos absolutos, en tanto determinables por referencia a lugares absolutos, esto es, con referencia al espacio absoluto aunque este último no sea accesible a los sentidos y a mediciones sensibles. Como también se dijo antes, esta tarea parecería una misión imposible. Y en consecuencia, el resultado simplemente una quimera. Aquí se debe apuntar que más allá de la línea argumental de Newton, no se debería olvidar el papel del tiempo absoluto, ya que espacio y tiempo son los referentes indispensables en la concepción del movimiento. Pero es obvio que Newton escamotea el tratamiento del tiempo y plantea una espacialización de la cuestión.

Newton, sin embargo, propone que se pueden distinguir “el reposo y movimientos absolutos y relativos entre sí por sus *propiedades, causas y efectos*” (Newton, 1987, 130). (El énfasis con cursiva es mío).

76 El texto que hemos estado citando, en su forma original se lee así:

Mas como estas partes del espacio no pueden verse y distinguirse unas de otras por medio de nuestros sentidos, en su lugar utilizamos medidas sensibles. Por las posiciones y distancias de las cosas a un cierto cuerpo que consideramos inmóvil, definimos todos los lugares; posteriormente interpretamos todos los movimientos por respecto a los antedichos lugares, en tanto que los concebimos como pasos de los cuerpos por estos lugares. Así, usamos de los lugares y movimientos relativos en lugar de los absolutos y con toda tranquilidad en las cosas humanas: para la Filosofía, en cambio, es preciso abstraer de los sentidos. Pues es posible que en la realidad no exista ningún cuerpo que esté en total reposo, al que referir lugar y movimiento (Newton, 1987,129-130).

Ahora tenemos entre manos el clarificar el sentido de tales “propiedades”, “causas” y “efectos”. Siguiendo a Newton, y así concluye el *Escolio* bajo análisis, se tiene lo siguiente.

Las propiedades. Newton hace referencia a situaciones respecto del reposo y situaciones respecto del movimiento. Pero en ambos casos no es posible hacer una estricta distinción entre lo verdadero y lo relativo del reposo y del movimiento. Así, Newton apunta que respecto del reposo es su propiedad que

[...] los cuerpos verdaderamente quietos están en reposo entre sí. Por tanto, al ser posible que un objeto cualquiera en la región de las estrellas fijas, o más lejos, permanezca en reposo absoluto y no se pueda saber por las situaciones respectivas de los cuerpos entre sí en nuestras cercanías si alguno de ellos conserva su posición constante respecto del cuerpo lejano, por ende no se pueda definir el reposo verdadero por las posiciones relativas de estos cuerpos [...] (Newton, 1987, 130).

Respecto del movimiento se presentan igualmente dificultades que nos llevan a concluir, con Newton, que

[...] de donde los movimientos completos y absolutos no pueden definirse si no es por lugares inmóviles y por eso más arriba los relacioné con los lugares inmóviles, y los relativos en cambio con lugares móviles. Lugares inmóviles no son otra cosa que las posiciones constantes que conservan entre sí todas las cosas desde el infinito hasta el infinito y que, por tanto, siempre permanecen

inmóviles y constituyen el espacio que llamo inmóvil [...] (Newton, 1987, 131).

Los siguientes dos casos nos remiten a fuerzas y, por ello, es posible que puedan arrojar luz sobre el tema que nos ocupa.

Las causas. Al considerar la cuestión de las causas, lo que debe considerarse son “fuerzas”. Así, Newton afirma que

[...] las causas, por las que los movimientos verdaderos y los relativos se distinguen mutuamente, son fuerzas impresas en los cuerpos para producir el movimiento. El movimiento verdadero ni se engendra ni se cambia, a no ser por fuerzas impresas en el mismo cuerpo movido; en cambio, el movimiento relativo puede generarse y cambiarse sin fuerzas impresas en tal cuerpo. Basta con imprimirlas solamente en los otros cuerpos respecto a los que se da la relación para que, cediendo éstos, cambie la relación dada en que consiste el reposo o movimiento relativo de aquel cuerpo. Por otra parte, el movimiento verdadero siempre se cambia por fuerzas impresas en el cuerpo movido, mientras que el movimiento relativo no se cambia necesariamente por estas fuerzas impresas (Newton, 1987, 131).

Los efectos. Aquello por lo que se distinguen los movimientos absolutos de los relativos, son fuerzas, pero no fuerzas impresas como en el tema de las causas, sino “[...] fuerzas de separación del eje del movimiento circular [...]” (Newton, 1987, 131). Tales fuerzas, en el caso de los “movimientos circulares meramente relativos son nulas”. Por el contrario, y esto es muy importante, en los movimientos

verdaderos y absolutos “son mayores o menores según la cantidad de movimiento” (*Idem*).

Para ejemplificar lo que está planteando, Newton, a continuación, discute dos situaciones de “experimento”. Experimento no mental como muchas veces los plantea en sus escritos, sino experimentos reales, experimentos que él ha realizado y que se pueden repetir con facilidad. La primera situación o experiencia es el famoso “experimento del balde” –‘*situla*’ en el texto latino original de Newton. Experimento que posteriormente será objeto de cuidadoso análisis por Ernst Mach en su *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*.⁷⁷ La segunda, el experimento de las dos esferas.

Respecto del primer experimento, Newton de inmediato pasa a describir la situación fáctica que en su interpretación nos muestra la diferenciación entre ambos tipos de movimiento. El texto se lee como sigue:

[...] Si se cuelga un cubo de un hilo muy largo y se gira constantemente hasta que el hilo por el torcimiento se ponga muy rígido y después se llena de agua y se deja en reposo a la vez que el agua, y entonces con un empujón súbito se hace girar continuamente en sentido contrario y, mientras se relaja el hilo, persevera durante un tiempo en tal movimiento, la superficie del agua será plana al principio, al igual que antes del movimiento del vaso, pero después, al transmitir éste su fuerza poco a poco al agua, hace que ésta también empiece a girar sensiblemente, se vaya apartando poco a poco del centro y

⁷⁷ Mach, Ernst (1949). *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires. Ese análisis preparó mucho de los desarrollos ulteriores que abren sendas hacia las propuestas de Poincaré y Einstein. Pero ello va más allá de nuestros límites en este texto.

asciende hacia los bordes del vaso, formando una figura cóncava (como yo mismo he experimentado) y con un movimiento siempre creciente sube más y más hasta que efectuando sus revoluciones en tiempos iguales que el vaso, repose relativamente en él [...] (Newton, 1987, 131-2).

En la interpretación de Newton de la situación experimental del balde, se hace énfasis en que el ascenso del agua por los costados del balde, manifiesta la presencia de fuerzas de separación del eje del movimiento circular, ausentes mientras la situación del agua es básicamente propia de movimientos relativos. Este ascenso por los bordes, este alejamiento del eje del movimiento circular, y en consecuencia, “[...] este conato mostraba su movimiento circular, verdadero y siempre creciente y al final convertido en máximo cuando el agua reposaba relativamente en el vaso [...]” (Newton, 1987, 132). Y como consecuencia adicional, Newton apunta que dicho conato “[...] no depende de la traslación del agua respecto de los cuerpos circundantes y, por lo tanto, el movimiento circular verdadero no puede definirse por tales traslaciones [...]”. De todo lo anterior se puede, según Newton, concluir que “[ú]nico es el movimiento circular verdadero de cualquier cuerpo que gira y responde a un conato único como un verdadero y adecuado efecto” (*Idem*).

Pero las dificultades en distinguir en forma clara y precisa los movimientos verdaderos de los aparentes no se superan fácilmente. Newton lo tiene muy claro. Por ello, vuelve sobre la cuestión, en especial, por la relación del problema con el espacio absoluto, en especial cuando se tiene que

“[l]as partes de aquel espacio inmóvil, en que los cuerpos se mueven verdaderamente, no se captan por los sentidos” (Newton, 1987, 133).

Pero aclara que no estamos ante un “[...] caso desesperado. Pues surgen argumentos, parte de los movimientos aparentes, que son diferencias de los movimientos verdaderos, parte de las fuerzas, que son causas y efectos de los movimientos verdaderos”. Y a continuación presenta el caso de dos esferas.

Así, si a dos esferas, unidas entre sí por un hilo de determinada longitud, se las hace girar en torno al común centro de gravedad, aparecerá por la tensión del hilo el conato de las esferas de alejarse del eje de giro, y de ello se puede calcular la cantidad de movimiento circular. Después, si se aplican a la vez dos fuerzas iguales en las caras alternas de las esferas para aumentar o disminuir el movimiento circular, aparecerá, por el aumento o disminución de la tensión del hilo, el aumento o disminución del movimiento; y después, por fin, se podrían hallar las caras de las esferas en que deberían imprimirse las fuerzas para que el movimiento aumentase al máximo, esto es, las caras posteriores, o las que siguen en el movimiento circular. Pero conocidas las caras que siguen y las caras opuestas que preceden se conocerá la determinación del movimiento.

De lo cual Newton concluye, lo que es de gran importancia, que de esta forma, “[...] *se podría averiguar la cantidad y la determinación de este movimiento circular en un cierto vacío inmenso, donde nada hubiese externo y sensible con lo que se pudiesen comparar las esferas [...]*”. (Newton, 1987, 133). (La cursiva es mía).

Ahora bien, Newton amplía la situación suponiendo que se establecen en dicho espacio

[...] algunos cuerpos lejanos que guarden entre sí cierta posición dada, tales como las estrellas fijas en nuestro firmamento, entonces no es posible saber a partir de la traslación relativa de las esferas entre los cuerpos si es a éstos o a aquellos a quienes hay que atribuir el movimiento [...].

En otras palabras, volvemos a la dificultad original de hacer la distinción entre movimientos verdaderos y aparentes. Pero hace énfasis Newton en que si se considera el hilo

[...] y se encuentra que la tensión del mismo es la misma que la requerida por el movimiento de las esferas, será lícito concluir que el movimiento es de las esferas y entonces también deducir la determinación de este movimiento de la traslación de las esferas entre los cuerpos [...] (Newton, 1987, 134).

Pero es obvio que quedan inquietudes, incertidumbres, dudas respecto de la necesaria, para Newton, distinción entre lo absoluto, verdadero y matemático, por una parte, y lo relativo, aparente y vulgar cuando de movimientos se trate.

Newton, no obstante, reconforta a su lector cuando le recuerda, y con ello finaliza el *Escolio* sujeto a análisis en este texto, que

[...] a inferir, sin embargo, los movimientos verdaderos de sus causas, de sus efectos y diferencias con los aparentes y, al revés, sus causas y efectos a partir de los movimientos ya verdaderos, ya aparentes, se enseñará más extensamente en lo que sigue. Pues para este fin compuse el tratado siguiente [...] (Newton, 1987, 134).

En otras palabras, domínese la mecánica clásica y se hará la diferencia. Pero como se verá en los trabajos que acompañan a este trabajo, no todos los físicos y filósofos posteriores estuvieron tan anuentes a aceptar la afirmación de Newton.

Referencias

- Mach, Ernst. (1949). *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Buenos Aires: Espasa-Calpe Argentina, S. A.
- Newton, Isaac. (1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. I-II. Madrid: Alianza Editorial, S. A.

Situla para agua bendita.
S. IX.





Situla. Palacio de la Alhambra,
Granada. S. XIV.

Capítulo IX° Física y simetría: Poincaré y Einstein

Leonardo Ortiz Acuña

Es bien sabido que, cuando se aplica a cuerpos en movimiento, la electrodinámica de Maxwell tal como hoy se entiende normalmente conduce a *asimetrías* que no parecen ser inherentes a los fenómenos (Einstein, *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*).

La simetría es un concepto que, aunque suele tener una connotación meramente estética, ha tenido un papel muy importante en el desarrollo de la ciencia. No obstante, esto no ha sido algo que sea explícito (es decir, no ha sido un verdadero criterio en el desarrollo de la ciencia), sino hasta el siglo XX con el desarrollo de la teoría de la relatividad. Si bien es cierto que esta teoría es la conclusión del trabajo de muchos pensadores, tiene como principales exponentes a Albert Einstein (1879-1955) y Jules-Henri Poincaré (1854-1912), quienes, según la perspectiva que aquí defiendo, introducen por medio de esta teoría la consideración de la simetría como método de trabajo generalizado en la física, a través del principio de relatividad y de constancia de la velocidad de la luz.

El presente artículo tiene como objetivo mostrar que el trabajo de estos dos autores produce un cambio radical en la física, no solo por la introducción de una nueva teoría, o de una nueva cosmovisión (acerca del espacio y el tiempo),

sino que introducen un nuevo método de trabajo que va a revolucionar la física, la búsqueda de simetrías.

1. Simetría pre-relatividad

La simetría es un concepto que podemos encontrar en distintos campos del quehacer humano. Desde la antigüedad por ejemplo, podemos verlo como un elemento central en la música y en el arte en general. Asimismo, podemos constatar cómo desde la antigüedad es un concepto importante en la investigación acerca de la realidad: los griegos descubrieron los cinco poliedros regulares (tetraedro, cubo [hexaedro regular], el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro), y este descubrimiento impactó tanto en los griegos que trataron de asociar la estructura del universo con estos cinco poliedros (véase el *Timeo* de Platón). También sabemos que los griegos se impresionaron con la simetría del círculo, de manera tal que este se convirtió en uno de los postulados básicos de la astronomía, *i. e.*, los cuerpos celestes deben seguir la simetría del círculo y de las esferas (Aristóteles y Ptolomeo).⁷⁸

Para romper con este postulado, debimos esperar hasta el trabajo de Johannes Kepler (1571-1630), quien nos muestra que las trayectorias de los cuerpos celestes no son circulares, sino elípticas. No obstante, previamente podemos

78 Esto es lo que, como nos señala Coronado (1994), Copérnico posteriormente llamó principio de regularidad, el cual heredó de los griegos y es, desde la perspectiva que aquí defendemos, un principio de simetría. Coronado explica cómo para Copérnico

[...] se debía respetar el «principio de regularidad» o «regla del movimiento absoluto», que establece la prioridad de la circularidad y la uniformidad en las explicaciones astronómicas [...] (24).

ver cómo el criterio de simetría sigue siendo esencial para la astronomía kepleriana: en primera instancia, en *Mysterium Cosmographicum* (1596), Kepler, influido por este espíritu pitagórico de la antigüedad, hace el intento de construir una teoría acerca de los diámetros de las orbitas planetarias partiendo de los cinco poliedros regulares, según la cual las esferas inscritas y circunscritas en los cinco poliedros regulares nos dan la razón que hay entre las órbitas planetarias (Kepler, 1992).

En una segunda instancia, una vez que el mismo Kepler refuta su propia teoría,⁷⁹ el criterio de simetría sigue siendo importante para este autor, ya que en *Astronomía Nova*, obra en la que establece las leyes de la órbita de Marte, Kepler nos señala que si bien las órbitas no cumplen el principio de circularidad y uniformidad, las órbitas corren *áreas iguales en tiempos iguales* (lo cual representa el descubrimiento de la *conservación del momentum angular*, otra simetría presente en la naturaleza).⁸⁰

Por otra parte, Galileo Galilei (1564-1642), aunque no podamos decir que considere de forma *a priori* la idea de simetría, en sus *Diálogos acerca de los dos sistemas máximos* nos muestra una de las simetrías presentes en las leyes de la física

79 Como señala Coronado (1995), Kepler les da tanta importancia a los datos cuantitativos obtenidos de lo empírico que él mismo, en un acto de honestidad epistémica, refuta su propia teoría al darse cuenta de que “[...] Marte no se mueve ni circularmente ni uniformemente [...]” (142).

80 Cómo señalan Lederman y Hill (2004), la segunda ley de Kepler es parte de una teoría fenomenológica que describe el Sistema solar, con lo cual quiere decir que es una teoría que funcionaba a pesar de que no se comprendía cuáles eran los principios que implicaba. En ese sentido, podemos decir que aunque Kepler descubre esta relación, no comprende plenamente la simetría que ella implica.

al señalar que no podemos percatarnos del movimiento de la Tierra de la misma manera que no nos podríamos percatar del movimiento de un barco en un mar calmo.⁸¹ De esto se deriva lo que llamamos la relatividad de las trayectorias, según la cual la trayectoria de un cuerpo en caída libre va a ser diferente dependiendo del marco de referencia en el que se encuentra el observador, aunque lo importante es que las leyes que rigen la caída de los cuerpos son las mismas para todos los marcos de referencia.

Además, Galileo nos lega lo que hoy llamamos el *teorema de adición de las velocidades*, según el cual para determinar la velocidad de un objeto medida desde un sistema de referencia inercial que se mueven uno respecto del otro, simplemente hay que sumar la velocidad (vectorialmente) de uno de los sistemas de referencia a la velocidad del objeto. Esto es lo que llamamos transformaciones de Galileo:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

81 En términos modernos nos señala que la Tierra es un sistema de referencia inercial, al igual que el barco en un mar calmo. Con esto Galileo introduce un concepto fundamental de la física, el concepto de inercia. Como señalan Lederman y Hill (2004), el principio de inercia es una simetría que refiere a una equivalencia de todos los estados de movimiento uniforme.

Estos criterios son posteriormente adoptados por Isaac Newton (1642 ó 1643-1727), para quien el principio de relatividad se convierte en uno de los principios fundamentales de la física, el cual es enunciado en el corolario V° de sus leyes del movimiento, donde señala que “[...] los movimientos de los cuerpos incluidos en un espacio dado son idénticos entre sí, ya se encuentre ese espacio en reposo o moviéndose en línea recta sin movimiento circular alguno [...]” (Newton, 1987, 49).

Paradójicamente, este principio que parece ser fundamental para Newton, en realidad no se cumple, ya que solo toma en cuenta un marco de referencia absoluto sin el cual no se cumplirían sus leyes.

2. Simetría y matemáticas

Como podemos ver, en estos pensadores hay varias consideraciones acerca de la simetría que jugaron un papel importante en el desarrollo de la física. No obstante, estas consideraciones no fueron explícitas ni fueron lo suficientemente articuladas como para que este se convirtiera en un concepto por discutir dentro de la física. Como señalé en el apartado anterior, las leyes de Newton fueron formuladas en un sistema de referencia absoluto que dejaba todas las posiciones y direcciones equivalentes para todos los observadores posibles. Además, aunque las leyes de conservación fueron instintivamente usadas por Galileo (relatividad de la trayectoria) y por Kepler (áreas iguales en tiempos iguales), este tipo de relaciones no son consideradas como algo relevante por discutir en ningún momento (Wigner, 1964). Por esta razón, a pesar de lo escrito en la sección anterior podemos considerar

la simetría como un concepto propio del siglo XX, es decir, “[...] the remarkable connection between symmetry and physics is a modern concept that developed largely in the twentieth century. Physicists in earlier times largely viewed the physical world as composed of “gears and pulleys [...]” (Lederman y Hill, 2004, 77).

Durante el siglo XIX se dan las primeras discusiones acerca de este concepto en un campo muy específico de la física, la cristalografía. El concepto de simetría se origina en el estudio geométrico de los cristales, y para este momento el término ‘simetría’ era utilizado en este campo de estudio para denotar una *relación armónica o elegante*. Por esta razón, la mayoría de los físicos no hicieron de la simetría un concepto central y probablemente por su indeterminación dudaron de su aplicabilidad y eficiencia. En 1815 René Just Haüy, quien trabaja en cristalografía define por primera el término ‘simetría’ de manera explícita y clara: la recurrencia de un mismo patrón en una *operación matemática*, y lo hizo con el objetivo de superar el criterio de la forma geométrica para clasificar los cristales (Katzir, 2004).

Posteriormente, esta idea matemática se transformó, por medio del trabajo de Évariste Galois (1811-1832), en un concepto más profundo dentro de las matemáticas, el concepto de grupo, con el cual surge el área de las matemáticas conocida como la teoría de Grupos. Este concepto es posteriormente generalizado por Sophus Lie (1842-1899), quien define el grupo y el grupo continuo como las representaciones matemáticas apropiadas del concepto de simetría (Yang, 1996).

Tomando esto en cuenta, puedo señalar a qué me refiero con simetría en física. Simetría, en este sentido, se entiende como la invariancia a transformaciones, o como lo señala

Weyl (en Feynman, 1997), un objeto es simétrico solamente si luce de la misma manera que antes aun cuando le hayamos hecho algo; y un grupo son todas las transformaciones que mantienen a un objeto (matemático o físico) igual.

Algunas de las operaciones bajo las cuales varios fenómenos físicos permanecen invariables son las siguientes: traslación en el tiempo, traslación en el espacio, rotación en un ángulo establecido, velocidad uniforme en una línea recta (transformación de Lorentz), inversión en el tiempo, reflexión del espacio, intercambio de partículas idénticas (Feynman, 1997, 24).

3. Einstein y Poincaré: la simetría.

Una de estas simetrías, la velocidad uniforme en una línea recta (que llamamos *transformación de Lorentz*), tendrá un notable efecto en la física, ya que su estudio y el del problema de la relatividad asociado, ha hecho que la simetría de las leyes de la física haya acaparado la atención de la comunidad científica (Feynman, 1997).

Cuando Einstein plantea la teoría de la relatividad introduce un concepto de espacio y tiempo geométricos en un sentido matemático abstracto (Yang, 1996)⁸², esto gracias al estudio de esta simetría. No obstante, Einstein no estaba

82 Years later, in 1982, in a conversation in Erice, Italy, Dirac (1902-1984) asked me what I thought was Einstein's most important contribution to physics. I answered, "General relativity of 1916." Dirac said, "[...] That was important, but not as important as his introduction of the concept that space and time are symmetrical [...]" What Dirac meant was that while general relativity was singularly profound and original, the symmetry of space and time had more pervading influence on later development (Chen Ning Yang, 1996, 277).

solo; Henri Poincaré también establece (previo a Einstein) una teoría de la relatividad en la cual la simetría jugará un papel muy importante. Ambas teorías parten de una reflexión acerca de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento. Postulan la validez universal del principio de relatividad (las leyes de la física son las mismas sin importar el marco de referencia) y asumen que la velocidad de la luz es la misma medida en diferentes sistemas de referencia inercial (Darrigol, 2004), los cuales son los postulados fundamentales de la teoría de la relatividad como la conocemos.

La teoría de la relatividad de ambos tiene como punto de partida el problema de la no invariancia de las ecuaciones de Maxwell ante transformaciones. Las leyes del electromagnetismo planteadas por James Clerk Maxwell (1831-1879) no cumplían con el principio de relatividad de Galileo, ya que al llevar a cabo una transformación (“pasar” las ecuaciones a otro sistema de referencia), estas tomaban una forma distinta (esto significaría que se convierten en otras leyes). Por esta razón, dichas leyes necesitaban de un sistema de referencia muy específico (el espacio absoluto newtoniano).

Este sistema de referencia absoluto se identificó con el éter, una substancia universal en la cual se propaga la luz.⁸³ Ya que esta hipótesis del éter debía cumplir la transformación de Galileo, se suponía que tendríamos que detectar cambios en la velocidad de la luz respecto de ese sistema de

83 El sistema absoluto es aquel donde el éter está en reposo y debe coincidir con el sistema de referencia en el que las estrellas, en promedio, parecen estar fijas. De hecho, la manera más directa de determinar la velocidad de un sistema de referencia con respecto del éter es medir la velocidad de la luz. Siendo esta velocidad definida con respecto del éter en reposo, debe variar de acuerdo con la velocidad del sistema de referencia (Hacyan, 20).

referencia inercial absoluto. Sin embargo, este no fue el caso, ya que el famoso experimento de Albert Abraham Michelson y Edward Morley en 1887 no logró encontrar estas diferencias en la velocidad de la luz.

La solución que intentan dar estos dos pensadores es por medio de la búsqueda de una invariancia ante transformaciones de estas ecuaciones. La posibilidad de esta invariancia ya había sido establecida por Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), quien había encontrado una transformación que hacía invariables las ecuaciones de Maxwell. No obstante, Lorentz no llegó a reconocer plenamente el significado físico de esta transformación.

Lo importante de lo anterior es la forma en que estos pensadores intentan resolver el problema, a través de la apelación a una simetría, que el mismo Poincaré llamará el *grupo de Lorentz* (o *Transformación de Lorentz* o *invariancia de Lorentz*):

$$x' = \gamma (x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right)$$

Donde: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Tanto Einstein como Poincaré asumen que la medición del espacio y el tiempo por parte de observadores en distintos sistemas inerciales se pueden relacionar por medio de esta transformación de Lorentz (y no por la transformación galileana).

No obstante, la apelación a este criterio de simetría por parte de estos autores no tiene las mismas implicaciones para ambos: por una parte, para Einstein, una de las consecuencias de esta estrategia es la eliminación del éter, ya que no habría necesidad de este si asumimos completamente la realidad que se deduce de esta transformación, la cual es para Einstein una consecuencia cinemática de la diferencia en el espacio-tiempo entre dos observadores; es decir, Einstein deriva la transformación de Lorentz directamente de los principios de constancia de la velocidad de la luz y de relatividad (como se puede ver en *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*). Por esta razón, Einstein les da un significado físico a la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.

Por otra parte, Poincaré en su teoría mantiene el éter como sistema de referencia privilegiado, con el argumento de que los demás sistemas son solo “aparentes”. Así, la transformación de Lorentz es simplemente una hipótesis que sirve para resolver ciertos problemas de la física (convencionalismo de Poincaré), por lo que solo las toma (sin obtenerlas de ningún principio fundamental) y las considera simplemente como aquella transformación que deja invariante las ecuaciones de Maxwell.

En este sentido, vemos cómo el enfoque de Einstein es mucho más parsimonioso, ya que elimina todo aquello que no es necesario de la teoría. Por otra parte, el enfoque de Poincaré es mucho más intuitivo, pues mantiene los conceptos de la física de la época, es decir, es un enfoque mucho

más dependiente de visión general que se tenía de la electrodinámica en el momento (Darrigol, 2004).

Sin embargo, es importante notar que ambas teorías son equivalentes en el sentido de que ambas tienen la capacidad de explicar los mismos fenómenos,⁸⁴ razón por la cual el mismo H. A. Lorentz señaló que la diferencia entre estas dos teorías es epistemológica, ya que tiene que ver con un conjunto de convencionalismos y elementos arbitrarios. Además, aunque la interpretación de esta teoría por parte de estos dos autores es distinta, aun conllevan un método similar para la obtención de la teoría, que es la consideración de las simetrías implicadas en el problema.

En el caso de Poincaré, existe una diferencia entre simetría e isotropía, según la cual la simetría es solo aquella invariancia ante la reflexión respecto de un eje, y la isotropía sería una invariancia más general. Se puede ver cómo Poincaré tiene como exigencia que las ecuaciones que describen los fenómenos físicos presenten el tipo más general de invariancia.

Nos équations doivent rester les mêmes quelle que soit l'orientation du plan de l'onde, puisque le milieu est isotrope; de plus le milieu n'est pas seulement isotrope sans symétrie (comme l'essence de térébenthine par exemple), il est isotrope et symétrique (2014, 455).

La razón de esta exigencia radica en el hecho de que el espacio es homogéneo e isótropo (una simetría presente en el espacio mismo), y Poincaré nos señala explícitamente

84 Poincaré enuncia el principio de relatividad en términos de la imposibilidad de detectar el éter, ya que este es una substancia que no interactúa con nada, solo con la luz misma.

el carácter matemático de estas características por medio del concepto de grupo:

C'est ce fait que l'on énonce d'ordinaire on disant que *l'espace est homogène et isotrope*. On peut dire aussi qu'un mouvement qui s'est produit une fois peut se répéter une seconde fois, une troisième fois, et ainsi de suite, sans que ses propriétés varient. Dans le chapitre premier, où nous avons étudié la nature du raisonnement mathématique, nous avons vu l'importance qu'on doit attribuer à la possibilité de répéter indéfiniment une même opération. C'est de cette répétition que le raisonnement mathématique tire sa vertu; c'est donc grâce à la loi d'homogénéité qu'il a prise sur les faits géométriques. Pour être complet, il conviendrait d'adjoindre à la loi d'homogénéité une foule d'autres lois analogues dans le détail desquelles je ne veux pas entrer, mais que les mathématiciens résument d'un mot en disant que les déplacements forment «un groupe». (Poincaré, 2014, 70).

En el caso de Einstein, podemos ver en *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*, la referencia directa a esta exigencia por simetría: “[...] Es bien sabido que, cuando se aplica a cuerpos en movimiento, la electrodinámica de Maxwell tal como hoy se entiende normalmente conduce a asimetrías que no parecen ser inherentes a los fenómenos [...]” (Einstein, 2001, 111). Por otra parte, Einstein señala que durante la transformación de coordenadas y del tiempo de un sistema en reposo a otro con movimiento uniforme se puede asumir, *por razones de simetría*, que el movimiento de este sistema se da únicamente en la dirección de uno de los ejes coordenados del sistema en reposo:

Igualmente, la velocidad se transfiere a los ejes de coordenadas, la escala en cuestión y a los relojes. A cada tiempo t del sistema en reposo K le corresponde una posición determinada de los ejes del sistema en movimiento, y por razones de simetría estamos facultados para suponer que el movimiento de k puede ser tal que los ejes del sistema en movimiento en el momento t (siempre se designa con “ t ” el tiempo del sistema en reposo) son paralelos a los ejes del sistema en reposo (Einstein, 2001, 117).

Las razones para esta presunción es clara, ya que nos está señalando una simetría en la rotación de los ejes coordenados, que es legítima en la medida en que el espacio es homogéneo, lo cual es manifestado por el mismo Einstein algunas líneas después: “[...] es claro que las ecuaciones deben ser *lineales* debido a las propiedades de homogeneidad que les asignamos al espacio y al tiempo [...]” (*Idem*, 117).

Además, al deducir la transformación de Lorentz de los principios de relatividad y de constancia de la velocidad de la luz, nos señala que las nuevas leyes de la cinemática derivadas de esto constituyen un grupo: “[...] de esto vemos que tales transformaciones paralelas constituyen un grupo—como debe ser en realidad [...]”. (Einstein, 2001, 127), con lo que hace evidente esta simetría que le permite llegar a las conclusiones a las que ha llegado.

4. La simetría después de la relatividad

Si bien, como se señaló al inicio del presente texto, la simetría es un criterio presente en la historia de la ciencia desde casi sus inicios, este no ha sido objeto de reflexión ni ha sido

apreciado como tal sino hasta el siglo XX. No obstante, la teoría de la relatividad cambió dramáticamente esta situación, ya que posteriormente a ella, la reflexión acerca de la simetría se convirtió en una herramienta para el desarrollo de la física.

Con el desarrollo de la mecánica cuántica en los años veinte del siglo XX, los principios de simetría se volvieron una parte fundamental de esta teoría. En la segunda mitad del siglo XX ha sido el concepto más importante en la exploración y formulación de las leyes fundamentales de la física, y sirve como un principio guía en la búsqueda de una unificación.

Un ejemplo importante es la relación encontrada entre simetría y leyes de conservación. Según esta relación, “[...] para cada una de las reglas de simetría hay una correspondiente ley de conservación [...]” (Feynman, 1997). Así, el hecho de que las leyes sean simétricas respecto de la traslación en el espacio al agregar los principios de la mecánica cuántica, muestra que el *momentum* se conserva (conservación del *momentum*). Del hecho de que las leyes sean simétricas respecto de la traslación en el tiempo, se muestra que la energía se conserva, y el hecho de que las leyes sean simétricas respecto de la rotación en un ángulo corresponde a la conservación del momento angular.

Además, gracias a este concepto de simetría tenemos hoy en día desarrollos teóricos muy importantes (unos más fructíferos que otros) como lo son la teoría de campo gauge (o teoría de recalibración), supersimetría, teoría de cuerdas, entre otras. Es así como la teoría de la relatividad desarrollada por Poincaré y Einstein ha sido un aporte no solo teórico, sino también metodológico muy importante para el quehacer científico contemporáneo.

Referencias

- Coronado, G. (1995). Nicolás Copérnico: Reorganizador de los cielos. *Repertorio científico*, 2(1), 22-28.
- _____ (1995). Kepler y el misterio del Cosmos. *Revista de filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 33(81), 137-142.
- _____ (1997). Johannes Kepler y el movimiento del planeta Marte. Un primer momento de la Revolución Kepleriana. *Revista de filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 35(85), 25-30.
- _____ (2013a). Consideraciones acerca de la teoría platónica de los cuatro elementos: su status epistemológico. En: Coronado, G.: *Apuntamientos de historia del pensamiento científico* (53-74). San José: Antanaclasis, Editores, S. A.
- _____ (2013b). Los pitagóricos: matemática e interpretación de la naturaleza. En: Coronado, G.: *Apuntamientos de historia del pensamiento científico* (7-28). San José: Antanaclasis, Editores, S. A.
- Darrigol, O. (2004). The Mystery of the Einstein–Poincaré Connection. *Isis*, 95(4), 614-626.
- Einstein, A. (2005). *Obra esencial* (A. Castelar, J. García, M. García, A. Goldar, M. Puigcerver y J. M. Sánchez, tr.). Barcelona: Crítica.
- _____. (2001). Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento. En: Stachel, J. (Ed.). *Einstein 1905: un año milagroso* (J. García, tr.) (111-143). Barcelona: Crítica.
- Einstein, A. y Infeld, L. (1950). *The Evolution of Physics. The Growth of Ideas from early Concepts to Relativity and Quanta*. New York: Simon and Schuster.
- Feynman, R. (1997). *Six not-so-easy pieces. Einstein's Relativity, Symmetry, and Space-Time*. New York: Helix Books.

- Galilei, G. (1995). *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (A. Beltrán Marí, tr.). Madrid: Alianza.
- Katzir, S. (2004). The emergence of the principle of symmetry in physics. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 35(1), 35-65.
- Kepler, J. (1992). *El secreto del universo* (E. Rada García, tr.). Madrid: Alianza.
- Lederman, L. y Hill, C. (2004). *Symmetry and the beautiful universe*. New York: Prometheus Books.
- Newton, I. (1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural* (A. Escotado, tr.). Madrid: Tecnos.
- Platón (1992). *Timeo*. En: *Dialogos VI*. (F. Lisi, tr.). Madrid: Gredos.
- Poincaré, H. (2014). *La science et l'hypothèse*. Paris: Champs Sciences.
- _____. (1947). *Science et méthode*. Paris: Flammarion.
- Rougé, A. (2008). *Relativité restreinte. La contribution d'Henri Poincaré*. Paris: Les Éditions de l'École polytechnique.
- Wigner, E. (1964). Symmetry and Conservation Laws. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 54(5), 956-965.
- Yang, C. N. (1996). Symmetry and Physics. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 140(3), 267-288.

Capítulo X°

Mach frente a la física de la relatividad como crítico del mecanicismo newtoniano

Javier Fernández Araya

1. El papel y naturaleza de la ciencia

Me parece conveniente comenzar con una explicación del pensamiento machiano en relación con la naturaleza y el papel de la ciencia, ya que considero que su crítica a las posturas newtonianas yace en discrepancias metafísicas y metateóricas más que en desacuerdos científicos *per se*. Debemos recordar el fundamento fenomenológico de sus consideraciones. Según Mach, los principios fundamentales de la realidad se encuentran más allá de los principios establecidos por la física clásica.⁸⁵ El movimiento, la materia, los cuerpos, la velocidad, etc., son solo secundarios respecto de otros elementos más primordiales. Estos (literalmente) “elementos” no son sucesos ni físicos ni psicológicos, sino neutrales desde un punto de vista absoluto.⁸⁶ Por ejemplo, un color se entiende como un hecho físico cuando lo describimos en términos de iluminación, longitud de onda, superficie, etc., pero

85 Durante el siglo XX se discuten cuáles son los elementos últimos de la realidad física. Entre las diferentes teorías se proponen la materia, la energía, la electricidad, el éter, etc. Mach piensa que hay algo anterior y más primitivo que todos estos hechos físicos.

86 Nos distanciamos del debate clásico de lo físico contra lo psíquico. Una tercera opción es considerar un monismo prefísico y prepsíquico.

se convierte en un fenómeno psicológico cuando relatamos su dependencia del ojo, al nervio óptico, a la excitación de conos y bastones y a cualquier situación en la que el sujeto tenga un rol determinante. Mach pretende superar cualquier distinción dualista similar a la de sujeto-objeto, interior-exterior, aparente-verdadero, etc., con lo cual considera que la realidad última del mundo es a una estofa ni subjetiva ni objetiva, sino que se puede abordar desde distintas perspectivas donde cada una de ellas dice algo distinto pero verdadero sobre el mundo. Nos dice en *El análisis de las sensaciones*:

Thing, body, matter, are nothing apart from the combinations of the elements, –the colours, sounds, and so forth– nothing apart from their so-called attributes. That protean pseudo-philosophical problem of the single thing with its many attributes, arises wholly from a misinterpretation of the fact, that summary comprehension and precise analysis, although both are provisionally justifiable and for many purposes profitable, cannot be carried on simultaneously. (Mach, 2010, 10)

Lo que Mach nos explica en este segmento es la validez inmediata y provisional de distintos acercamientos al objeto. Podemos entender un objeto como un todo, o hacer un análisis de sus partes, pero no ambos al mismo tiempo: ambos acercamientos son inconsistentes entre sí. Mach, quien más tarde sería influencia del positivismo lógico,⁸⁷ opina que necesariamente todo conocimiento sirve a un propósito (consciente o inconsciente) y que, por lo tanto, cada examinación de la realidad debe considerarse solo dentro de su objetivo.

87 Ernst Mach fue profesor en la Universidad de Viena. Llegó a influir fuertemente sobre el Círculo de Viena.

Cada verdad es solamente una aproximación, y ninguna teoría puede explicar todo lo que existe. Banks afirma:

For Mach, sensations were a peek, however limited, brief, and confused, at the nature of reality. For Mach, the blue of the sky that one sees is a real fact, as real as any in physics. Sensations are events that occur inside our brains while in certain highly complex physical states, but they do accurately manifest that reality as it truly is, and thus Mach believed sensation gave what he called a “real knowledge” of nature (Banks, 2014, 34).

Por esto, el punto de vista desde el cual se parte influye en la creación de realidades. Tanto la Tierra como la bola de billar se pueden considerar como esferas, consideración que se complica cuando nos proponemos investigaciones orográficas o microscópicas, dice Mach (cf. Mach, 2010, 10). El hombre tiene la capacidad de voluntaria y conscientemente determinar su punto de vista. El filósofo se ve obligado a abandonar su ocupación teórica para solucionar problemas prácticos, justo como el profesor que se declara solipsista durante una de sus lecciones necesariamente deja de serlo cuando tiene que pagar las deudas, o elegir una pareja.

Es la antítesis entre los dos extremos de consideraciones dualistas la que nos hace caer en pseudoproblemas filosóficos: nuestro cuerpo y los cuerpos de fuera; los cuerpos en general y su representación en nuestra mente; la cosa como es en realidad y como es en apariencia; ¿cuál es la relación entre estos elementos? ¿Depende el sujeto del objeto o viceversa; lo interior de lo exterior? La caverna platónica, dice Mach, trae consigo un distanciamiento infinito entre nosotros y el universo, del cual, paradójica e insolublemente, formamos parte. Es este el gran problema de los dualismos.

Volviendo a los “elementos” de Mach, los cuerpos no producen sensaciones sino que complejos de elementos (complejos de sensaciones) producen cuerpos. El físico que se encarga de estudiar los cuerpos como existencias reales (mientras que los elementos son tratados como apariencias accidentales y transitorias) olvida que todos los cuerpos son solamente símbolos mentales para complejos de elementos.⁸⁸

For us, therefore, the world does not consist of mysterious entities, which by their interaction with another, equally mysterious entity, the ego, produce sensations, which alone are accessible. For us, colours, sounds, spaces, times... are provisionally the ultimate elements, whose given connexion it is our business to investigate (Mach, 2010, 15).

Por esto el proyecto científico no es la resolución absoluta y última del conocimiento, sino solamente una fuente de conocimiento, subordinada a una rama aún más general del conocimiento humano, es decir, la búsqueda de leyes aún más generales que las científicas. Mach pretendía encontrar una forma de unificar las distintas físicas mediante un amparo metateórico fenomenológico. La mecánica, el electromagnetismo, la termodinámica, todo esto quedaría unido bajo principios epistémicos más profundos. Por ahora, nótese la referencia a espacios y tiempos en plural. Más tarde nos referiremos a ello.

Sin embargo, ¿cómo entender que las sensaciones sean eventos físicos? ¿Cómo entender que no sea un sujeto quien

88 Podemos recordar las observaciones de Hume, quien nota que las percepciones no superan las formas, los colores, las intensidades, etc. La noción de objeto es una forma explicativa agregada por la mente.

reciba impresiones de un objeto, una ocurrencia mental proveniente de un verdadero evento físico? La respuesta yace en identificar dichos elementos con fuerzas individuales, identificarlos con trabajo hecho.⁸⁹ Una sensación es un ejemplo de una fuerza, y cada cualidad, detectada por la sensación o no, es una manifestación concreta de una de estas fuerzas. Los elementos son funciones naturales y existen en complejos, son fuerzas manifestadas. El color verde que percibimos de un árbol y el que recibimos de la imaginación de un árbol, son exactamente la misma sensación, el mismo objeto. Pueden variar en tonalidad, intensidad, generalidad, pero la diferencia esencial es que uno existe en sus relaciones con nuestra memoria, experiencia pasada, capacidad imaginativa, mientras que otro existe en sus relaciones con la luz solar, el índice de refracción de la atmósfera, la cantidad de pigmento, etc. La diferencia yace en las relaciones de los complejos de elementos, y no en los elementos *per se*. Según Banks,

[e]l trabajo de Mach ilustra una división perenne entre el filósofo empirista y el filósofo realista de la ciencia. El realista sostiene que para cada ley y regularidad en la naturaleza debe haber entidades subyacentes, mecanismos o causas que realicen la ley o la hagan verdad. [...] El empirista, por otro lado, admite todos los casos cuando mecanismos pueden ser verificados, o establecidos contiguos con experiencia, pero él no necesita que este sea el fin de la ciencia (Banks, 2014, 57).

Mach es realista en cuanto a la naturaleza de las sensaciones, es decir, los elementos. Asume un monismo allí

89 Trabajo, en términos físicos, se refiere a lo que se logra con fuerzas. Usualmente se refiere a movimiento.

donde la filosofía de la ciencia ha adoptado un dualismo. La única “substancia”, y hago énfasis en las comillas, serían las apariciones individuales de estos elementos, que en principio serían equivalentes a percepciones sensibles aunque no necesitan ser percibidos para existir. El empirismo realista de Mach obtiene su fuerza del hecho de que se deduce como verdadero solamente aquello ligado a la experiencia, depositando realidad en los fenómenos percibidos y no en los objetos supuestos de los cuales estos fenómenos emanan.

2. En contra del tiempo y el espacio absolutos

La crítica directa al concepto de tiempo absoluto comienza en la sexta parte del segundo capítulo de *La ciencia de la mecánica*. Después de citar extensamente a Newton, comienza su crítica con dureza:

[...] It would appear as though Newton in the remarks here cited still stood under the influence of the view of mediaeval philosophy, as though he had grown unfaithful to his resolve to investigate only actual facts [...] (Mach, 1919, 223).

Según Mach, decir que A cambia en el tiempo es solamente decir que las condiciones que determinan el objeto A dependen de las condiciones que determinan el objeto B.

It is utterly beyond our power to measure the time changes of things by time. Quite the contrary, time is an abstraction, at which we arrive by means of the changes of things; made because we are not restricted to any one

definite measure, all being interconnected (Mach, 1919, 224).

El tiempo absoluto no puede medirse por ningún movimiento. No tiene valor científico ni práctico. Sentencia final: es una concepción metafísica ociosa.

Es importante notar el carácter psicológico de la idea de tiempo y su medición. Mach expresa que se llega a la idea de tiempo poniendo en contraste los eventos contenidos en la memoria con los eventos contenidos en la percepción sensorial. Ponemos en comparación lo que existe en la memoria (lo que pasó antes) con lo que nos ofrecen los sentidos (el presente). Es diferente decir que el tiempo fluye en una dirección o un sentido, de decir que los eventos físicos generalmente suceden en un sentido. El tiempo dice de las relaciones de las cosas. Las cosas no dicen de la realidad del tiempo.

Acerca del espacio absoluto Mach afirma, igualmente, que nadie tiene la capacidad de predicar cosas sobre el espacio absoluto. Es un ente del pensamiento, un constructo puramente mental. Nadie tiene forma de comprobar su existencia, y mucho menos forma de hacer uso práctico de él. Para Mach, hablar del cambio en el lugar o la velocidad de un objeto es imposible sin que exista una colectividad de otros objetos mediante los cuales situar al primero. La única manera de hablar de tal cosa como un marco de referencia absoluto es si se postula un material que permee la totalidad del universo, respecto del cual todos los otros cuerpos se muevan. Este cuerpo hipotético permitiría que un objeto que se mueve a través de él sea ubicado sin necesidad de apelar a cuerpos distintos, solución que nunca pasó por la mente de Newton. El problema de esta salida al dilema del marco de referencia perfecto, es que sigue ofreciendo la noción de

espacio como un fenómeno relacional y no por sí mismo. Es decir, este medio podría ser utilizado como una malla donde sus partes divididas matemáticamente sean lo mismo que puntos en el espacio, pero cada punto seguiría siendo considerado como un objeto, o parte de un objeto, en relación con el cual el movimiento sucede, y no como un punto objetivo en el espacio absoluto.

Mach adopta una postura en la cual relativiza todo el movimiento. Explícitamente afirma que el movimiento del universo es el mismo si se parte del sistema copernicano o el sistema ptolemaico. Para Mach, el universo se presenta una vez, y la interpretación que adoptemos no lo cambia o lo multiplica, sino que lo explica de alguna manera. La forma achatada de la Tierra o el péndulo de Foucault usualmente sirven para demostrar la rotación de la Tierra y no de las estrellas ya que son fenómenos causados por la rotación terrestre. Sin embargo, Mach afirma que es posible concebir los principios de la mecánica de tal forma que surjan estas rotaciones centrífugas relativas. Este problema también nos lleva a Einstein, gracias a lo que se llama el Principio de Mach.

[...] We may interpret the one case that is given to us in different ways. If, however, we so interpret it that we come into conflict with experience, our interpretation is simply wrong [...] (Mach, 1919, 232).

Probablemente, la demostración newtoniana más notable en favor del espacio absoluto sea el experimento de la sítula, o el balde con agua, cuyos resultados también son expuestos a la crítica de Mach. Newton discute un balde lleno con agua atado por una cuerda. Si la cuerda se retuerce sobre sí misma y luego se deja ir del balde, este comenzará a girar no solo en relación con el observador sino también

en relación con el agua que contiene. Eventualmente, el giro sería transferido al agua contenida, cuya superficie se volvería cóncava al experimentar una fuerza centrífuga. La concavidad de la superficie del agua demostraría que el agua está rotando no respecto del balde, sino respecto de un marco de referencia mayor, es decir un marco de referencia absoluto y no relativo. El punto del experimento está en que cuando el agua gira en relación con el contenedor, no posee fuerza centrífuga: su movimiento es puramente relativo. No es sino cuando el agua se encuentra en una rotación absoluta que comienza a padecer de fuerza centrífuga. Si se estuviera sentado en el borde del balde, no habría forma de percibir que el agua se estuviera moviendo si no fuera por detectar dicha concavidad. El movimiento absoluto del agua podría ser calculado, lo cual indicaría a su vez la existencia de un espacio absoluto.

[...] Sólo hay un verdadero movimiento circular de cualquier cuerpo que gire sobre sí mismo, que corresponde a un único esfuerzo o conato por alejarse de su eje de movimiento como su propio y adecuado efecto [...] (Newton, 1987, 38).

La crítica de Mach afirma que el experimento de Newton simplemente nos informa de que la rotación relativa del agua con respecto del contenedor no produce fuerza centrífuga notable, pero que dicha fuerza es producida por la rotación relativa con respecto de la masa de la Tierra y de otros cuerpos celestiales. En otras palabras, no se sigue del movimiento del agua un movimiento absoluto, porque lo que se está presenciando no es más que un movimiento relativo a cuerpos ajenos al balde. De nuevo, el espacio absoluto es una presuposición y no una conclusión del experimento.

El mismo comentario puede ser hecho a un segundo experimento sugerido por Newton: las esferas en rotación. En este experimento se suponen dos esferas unidas por una cuerda que gira alrededor de un mismo punto de tensión. La cuerda provee la fuerza centrípeta para cambiar la dirección del movimiento de ambas esferas, y crear una rotación constante. Ahora se discuten dos escenarios posibles. Un observador absolutamente estático percibiría que la tensión proporcionada por la cuerda es suficiente para acelerar las esferas hacia su centro gravitatorio, mientras que cada una lucharía por mantener su inercia tangencial a la rotación. Por otro lado, un observador que rote junto con las esferas, no vería movimiento alguno en ellas y las declararía en reposo. Sin embargo, la cuerda está tensa y no relajada, por lo cual el observador debe postular una fuerza imaginaria que explique la tensión de la cuerda. La fuerza que separa a las esferas sería un hecho para el cual no habría explicación.

Ahora imaginemos que dentro del marco absoluto, las esferas están estáticas: no hay tensión en la cuerda. Para el observador en rotación, las esferas giran sin que haya tensión en la cuerda, por lo cual se debe suponer una fuerza hacia adentro.

La crítica prosigue en resaltar que de la ley de la inercia no se sigue la existencia de un espacio absoluto, como lo requería la física newtoniana. También continúan críticas a las definiciones de masa, aceleración e inercia, reformulaciones de las tres leyes y demás conceptos clave para la física de Newton. Estas críticas concuerdan con una agenda de “desmetafisización” de los fundamentos filosóficos de la ciencia y tomar como verdadero solamente lo que es accesible a la experiencia, o lo que concuerda directamente con ella.

The most important result of our reflections is, however, *that precisely the apparently simplest mechanical principles are of a very complicated character, that these principles are founded on uncompleted experiences, nay on the experiences that never can be fully completed, that practically, indeed, there are sufficiently secured, in view of the tolerable stability of our environment, to serve as the foundation of mathematical deduction, but that they can by no means themselves be regarded as mathematically established truths but only as principles that not only admit of constant control by experience but actually require it.* This perception is valuable in that it is propitious to the advancement of science (Mach, 1919, 236).

3. De Mach a Einstein: relativismo y relatividad

Transitando entonces hasta Einstein, contemporáneo y lector de Mach, hemos de encontrar reconocimiento explícito de la influencia de Mach en su pensamiento, tanto en cuestiones formales, como metodológicas y filosóficas. Su autobiografía nos dice que fue Ernst Mach, en su *Historia de la Mecánica*, quien lo sacudió de la fe dogmática, y que la adopción de su actitud crítica y escéptica fue fundamental en el desarrollo de la teoría de la relatividad. Las críticas de Mach a los conceptos fundamentales de la teoría newtoniana evidencian que no hay demostración suficiente si realmente se parte de los hechos para afirmar la existencia del espacio y el tiempo absolutos, y menos aún hacer aseveraciones sobre su naturaleza o su comportamiento, tal y como Newton hace en sus *Principia*.

El principio de Mach, anteriormente mencionado, tiene también influencia en el desarrollo de la teoría de la

relatividad, según Einstein. Dicho principio es más bien una pregunta, la pregunta por cómo movimientos de cuerpos lejanos pueden inducir inercias relativas en otros cuerpos. Por ejemplo, si miramos hacia arriba con nuestros brazos sueltos, y comenzamos a girar, veremos que el movimiento de los astros lejanos de repente causa un levantamiento en nuestros brazos gracias a una fuerza centrífuga. Mach se da cuenta que la ley de la inercia pone un vínculo entre la materia de un cuerpo y toda la materia del universo. El universo relativista tiene que encontrar una respuesta a dicho problema, y lo encuentra en expresiones como adoptar la materia como una estructura de onda, aceptar un universo esférico, etc.

Otro desarrollo que lleva a Einstein es el siguiente: si un objeto se mueve en un espacio lleno de éter (éter electromagnético), ¿habrá un sistema de referencia perfecto? ¿Se cumple la hipótesis de Mach de una entidad que permea el espacio entero? El experimento de Michaelson y Morley obliga a los físicos a adoptar transformaciones a los rayos de luz, transformaciones que para Lorentz implican la existencia de un éter que modifica las velocidades de la luz, pero que para Einstein indica todo lo contrario, es decir, la ausencia del éter y unas transformaciones que suceden por fluctuaciones en el espacio-tiempo. Un mismo experimento con dos conclusiones contendientes, una de las cuales propone una respuesta más machiana que la otra.

Conclusivamente, podemos observar que gracias a una concepción fenomenológica de la ciencia Mach se vuelve escéptico respecto de fenómenos metafísicos tales como el espacio y el tiempo absoluto. La ciencia debería encargarse de los fenómenos empíricos, y solamente ahí atribuir verdad en el universo, desembocando en un empirismo realista. La teoría de los elementos indica una reformulación del monismo,

donde distintos acercamientos a la realidad pueden adoptarse con igual validez. Por esto, Mach prefiere hablar de tiempos y espacios, en plural. El punto de vista del observador comienza a tener importancia notable, revelando así principios relativistas en distintos problemas físico-filosóficos. Las críticas al espacio y el tiempo absolutos nacen de estas consideraciones, estableciendo cada movimiento, cada espacio y cada tiempo como relativo a una serie de cuerpos y fenómenos empíricos. Einstein se ve profundamente inspirado por esta crítica a la física clásica. Fue teñido por posturas relacionales sobre el espacio, el tiempo y el movimiento, las cuales más tarde serían la piedra de toque para la física de la relatividad del siglo XX.

Referencias

- Banks, E. (2014). *The Realistic Empirism of Mach, James and Russell*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mach, E. (1919). *The Science of Mechanics*. London: Open Court.
- _____ (2010). *The Analysis of Sensations, and the Relation of the physical to the psychological*. Charleston: Nabu.
- Newton, I. (1987). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editorial Tecnos, S. A.

Capítulo XI°

**Problemas en torno de los conceptos
de espacio y movimiento en la física
newtoniana.**

**La visión crítica de George Berkeley y
la nueva visión del Universo de Albert
Einstein**

Esau Herrera Solís

1. Introducción

Desde la Revolución Científica de la Modernidad, gestada en la física y transmitida a las demás áreas del conocimiento humano, de forma paulatina, podemos nombrar tres grandes nombres que en sus espaldas cambiaron el panorama de la ciencia, especialmente de la física.

El primero enfrentó grandes batallas y sostuvo en sus hombros dos enfrentamientos contra la Gran Iglesia y su Inquisición, pero aún peor fueron otros enemigos, me refiero a los filósofos centrados en las antiguas ideas aristotélicas y escolásticas que debió enfrentar. Este personaje es el padre de la revolución científica, Galileo Galilei (1564–1642), el matemático, físico y astrónomo, padre de la construcción de la ciencia moderna.

El siglo XVII lleva por heterónimo ‘El siglo del genio’. Con tan solo exponer unos cuantos nombres nos damos cuenta de que esta denominación es exacta, es el siglo en el que vivieron figuras tan grandes que todavía leemos y

tenemos en alto respeto como creadores de conocimiento de la humanidad: Galileo, Kepler, Descartes, Gassendi, Spinoza, Locke, Hume, Leibniz, filósofos, físicos, matemáticos, engalanan esta corona. Pero hay uno que se erige sobre todos los demás, es el pináculo de un esfuerzo de genios: Isaac Newton consolida una física universal y nos abre las puertas del universo completo en su verdadero idioma, las matemáticas son las letras del libro de la naturaleza, en este hombre y su obra se encuentra el pináculo de la ciencia moderna, el cierre de la revolución científica de la Modernidad. ¡El Olimpo abre sus puertas pocas veces para dar la bienvenida!

Dos siglos han transcurrido, la humanidad cree tener en sus manos la respuesta a la gran mayoría de los problemas sobre la naturaleza del universo, sus leyes son sólidas, los cálculos y los fenómenos coinciden en la gran mayoría de los casos, pero el conocimiento no descansa, la ciencia es maleable y debe serlo por siempre. En una fotografía de 1927 aparecen tres filas de personas, es el Quinto Congreso Solvay, los nombres de veintinueve genios se engalanan uno tras otro (Marie Curie, Max Planck, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Niels Bohr, Max Born, etc.). Los *electrones* y los *fotones* son el tema, pero este tema es posible solamente por el gran nuevo genio. Veintidós años antes, un *año milagroso*, 1905, se gesta en la mente de Albert Einstein un grupo de ideas que cambiaron nuestra visión del universo. Con cinco artículos se gesta la teoría de la relatividad especial, y entre 1915 y 1918 se logra construir la teoría de la relatividad general. El universo vuelve a temblar en sus cuatro dimensiones, leyes y constantes nuevas vuelven a modificar la ciencia física.

Este corto ensayo pretende evaluar tres conceptos de gran fuste y de un extraordinario protagonismo para la física,

me refiero a los conceptos de espacio, lugar y movimiento. Para abordar este tema se van a considerar la perspectiva teórica-conceptual de tres personas, la primera de ellas es Isaac Newton en su extraordinaria obra *Principios matemáticos de la Filosofía Natural* (1687); la segunda perspectiva establece una crítica, para ello debe dirigirse la vista a las críticas realizadas por George Berkeley al gran físico Newton, en su texto *Tratado sobre los principios del conocimiento humano* (1710); para luego abordar las respuesta de Albert Einstein a los problemas planteados justamente por el obispo Berkeley.

2. Newton y sus *Principia*

Prefacio. En una obra que demuestra genialidad por doquier, Isaac Newton describe las leyes que rigen tanto en la Tierra como en el resto del universo. Sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*, publicados en Londres en 1687, dejan en claro desde su título la primacía e importancia de las matemáticas para poder hacer afirmaciones sobre la naturaleza, creando una línea fronteriza muy clara con la idea de explicar los fenómenos de la naturaleza a partir de una visión cualitativa (categorías según cualidades) tan aceptada por aristotélicos, platónicos y claramente por escolásticos y partidarios del poder eclesial.

Expuesta según el método geométrico, la obra presenta definiciones, axiomas (leyes), corolarios, escolios, lemas (algo parecidos a los párrafos en una obra filosófica), proposiciones, teoremas y otras divisiones un tanto barrocas, estructura que nada le envidia a la *Ética* (1677) de Baruj de Spinoza (1632-1677). En el prefacio a la primera edición de la obra, Newton nos expone su objetivo principal:

Como los antiguos (según cuenta Pappus) consideraban de la mayor importancia la mecánica para la investigación de las cosas naturales y como los modernos rechazando formas substanciales y cualidades ocultas han intentado reducir los fenómenos de la naturaleza a las leyes matemáticas, he querido en este trabajo cultivar la matemática en tanto en cuanto se relaciona con la filosofía (Newton, 1987, 5).

Un poco más adelante en el mismo prefacio, se aclaran de manera directa los ámbitos de las *artes manuales* que se refieren a la medición y a la mecánica restringida como fue cultivada por los antiguos, en comparación con el cultivo de la filosofía:

Esta parte de la mecánica en tanto en cuanto se extiende a los cinco poderes relacionados con las artes manuales fue cultivada por los antiguos, que sólo consideraron la gravedad (no siendo un poder manual) a la hora de mover pesos mediante esos poderes. Pero yo considero la filosofía más que las artes, y no escribo sobre potencias manuales, sino naturales, tomando ante todo en cuenta las cosas que se relacionan con gravedad, levedad, fuerza elástica, resistencia de fluidos y fuerzas semejantes, tanto atractivas como impulsivas (Newton, 1987, 6).

Solo falta exponer la relación de estrechez existente entre la filosofía y las matemáticas para poder abordar de una manera correcta los problemas de la mecánica.

Por consiguiente, ofrezco esta obra como principios matemáticos de la filosofía, pues toda la dificultad de la filosofía parece consistir en pasar de los fenómenos de movimiento a la investigación de las fuerzas de la

Naturaleza, y luego demostrar los otros fenómenos a partir de esas fuerzas; a ello se enderezan las proposiciones generales de los dos primeros Libros [...] Siendo desconocidas estas fuerzas, los filósofos han investigado en vano la Naturaleza hasta hoy, pero espero que los principios aquí expuestos arrojarán cierta luz sobre este método de filosofar, o sobre alguno más veraz (Newton, 1987, 6 y 7).

Recapitulando, la obra pretende hacer uso de las matemáticas para dar el fundamento necesario a la mecánica, volviéndola *mecánica racional*, para ello es necesario involucrar a la filosofía y dejar atrás la perspectiva de las artes manuales de medición, todo esto va a crear el basamento de conocimientos mínimos y primordiales con los cuales se podrán explicar los fenómenos naturales que presenciamos en la Tierra (fenómenos del movimiento).

Pero, para lograr este importante objetivo, es necesario reducir estos fenómenos a leyes matemáticas, en ese momento nos damos cuenta de que este tipo de investigación desemboca en un nuevo tipo o grupo de fenómenos de escala universal y estas son las fuerzas que reinan en toda la naturaleza (el universo y sus fenómenos celestes y terrestres). Solo en ese momento es posible retornar a los primeros fenómenos que se presentan en la Tierra, los cuales van a poder ser explicados con las mismas leyes que explican los fenómenos universales. Aquí reside la genialidad del autor: podemos investigar los fenómenos del universo mediante un instrumento de igual universalidad como lo son las matemáticas (leyes aplicables en cualquier lugar para fenómenos homólogos), las cuales pueden funcionar tanto en la Tierra como en toda la naturaleza a escala universal (celeste y terrestre a la vez,

dejando por fin la dicotomía sostenida durante miles de años creada por los filósofos griegos).

El segundo punto genial que plantea el autor en este corto prefacio (de tan solo tres páginas) es el desplazamiento que le da a la filosofía que muy a su gusto se sentaba en su trono. Sí, la filosofía desea explicar fenómenos, estos se encuentran tanto en la Tierra como en el universo (por lo menos los fenómenos naturales), y como ya tenemos un instrumento universal (mecánica racional y matemáticas) válido para explicar estos fenómenos (terrestres y celestes), convertimos estos nuevos “conocimientos” en un método veraz en comparación con la filosofía que ha investigado en vano la naturaleza, ya que los filósofos la han saturado de formas substanciales y cualidades ocultas. Esto es lo que pretenden los filósofos modernos dejar atrás; por lo menos así lo plantea Newton, aunque esto no sea muy cierto, ya que la modernidad abunda en constructos filosóficos y teorías repletas de elementos metafísicos. ¿Será que Newton dejó de lado estas figuras o él también las utilizó? Esta es la pregunta de investigación por abordar, la cual limito a tres de las definiciones claves que aparecen en el escolio de las Definiciones. Estos términos son: ‘espacio’, ‘lugar’ y ‘movimiento’.

Escolio a las Definiciones. Newton parte de definiciones de las palabras menos conocidas como ‘cantidad de materia’ (definición I^a), ‘cantidad de movimiento’ (definición II^a), ‘fuerzas ínsita e impresa’ (respectively, definiciones III^a y IV^a), ‘fuerza centrípeta’ (definición V^a), ‘cantidad absoluta de una fuerza centrípeta’ (definición VI^a), ‘cantidad acelerativa de una fuerza centrípeta’ (definición VII^a), ‘cantidad motriz de una fuerza centrípeta’ (definición VIII^a), con el objetivo de abordar una variedad de palabras de conocimiento popular.

En el escolio desarrolla cuatro de estas importantes palabras: ‘tiempo’, ‘espacio’, ‘lugar’ y ‘movimiento’.

Es de observar, con todo, que el vulgo sólo concibe esas cantidades partiendo de la relación que guardan con las cosas sensibles. Y de ello surgen ciertos prejuicios, para cuya remoción será conveniente distinguir allí entre lo absoluto y lo relativo, lo verdadero y lo aparente, lo matemático y lo vulgar (Newton, 1987, 32).

La advertencia de Newton es muy válida, la física podría encontrarse en confusiones de poco o nulo valor si solo se limita al plano de lo sensible. Por ello, surge una proporción:

absoluto : verdadero (o matemático) :: relativo : aparente (o vulgar).

Los pares contrarios son los que presentan la relación inversamente proporcional. Por ejemplo, aquel fenómeno que puede ser analizado matemáticamente es menos vulgar en comparación con un fenómeno que no pueda ser analizado mediante las razones matemáticas. Para exponer las características de cada uno de los términos que aparecen en el escolio a las Definiciones, se expone la información del texto de los *Principia* desde la página 32 hasta la página 34.

Primeramente se presenta el caso del *tiempo*. El tiempo puede o ser absoluto, verdadero y matemático o puede ser relativo, aparente y vulgar. El tiempo absoluto presenta las siguientes características:

1. Es absoluto, verdadero y matemático.
2. Es en sí por su propia naturaleza, es decir, no necesita de otro para que sea.

3. No tiene relación con nada externo a sí.
4. “Fluye” uniformemente
5. Se denomina duración.

Por su parte el tiempo relativo presenta las siguientes características:

1. Es relativo, aparente y vulgar.
2. Es una medida sensible y exterior de la duración mediante el movimiento.
3. Puede ser una medida precisa o desigual: hora, día, mes y año, consideradas como medidas semejantes.

[...] El tiempo se consideraba como agregado de una sola dimensión de términos sucesivos [...] los atributos básicos del tiempo se deducían de su homogeneidad: su independencia de su contenido físico, su infinitud, continuidad y uniformidad [...] el tiempo fluye, cambie o no alguna cosa en la propia naturaleza el tiempo está *vacío* y es solamente una vía accesoria y contingente llena de cambios [...] (Čapek, 1973, 52 y 53)

Empero, que se den cambios no implica que los cambios sean el tiempo en sí mismo. En última instancia, el tiempo no implica ni el movimiento, ni el cambio, ni la materia.

A continuación se presenta el término ‘espacio’. El espacio puede ser o absoluto o puede ser relativo. El primero presenta estas características:

1. Es similar e inmóvil. Esto sucede si es “tomado” (considerado o analizado o evaluado) en su naturaleza y sin relación con nada externo.
2. Es idéntico al espacio relativo en términos de aspecto y magnitud.

El segundo se presenta de la siguiente manera:

1. Es una dimensión o medida móvil del espacio absoluto.
2. Es determinado mediante nuestros sentidos con respecto de los objetos.
3. Es idéntico al espacio absoluto en términos de aspecto y magnitud.

Los espacios difieren en su última característica porque el primero permanece numéricamente idéntico y el segundo no. Milič Čapek explica lo anterior:

[...] el espacio era considerado como un medio homogéneo que existía objetiva e independientemente de su contenido físico, cuya rígida e intemporal estructura ha sido descrita por los axiomas y teoremas de la geometría de Euclides [...] (1973, 27).

La homogeneidad, por su parte, implica la relatividad de la posición y la de su divisibilidad. La primera característica deja atrás la idea de los lugares naturales y dispone que todos los lugares tienen igual valor o son equivalentes. La segunda característica implica la característica de divisibilidad infinita:

[...] por diminuto que sea el intervalo espacial, siempre ha de ser un intervalo que separa dos puntos cada uno de los cuales es *externo* respecto al otro [...] (Čapek, 1973, 39).

El tercer término que aparece en el Escolio es 'lugar', igual a los dos anteriores. El lugar puede ser absoluto o relativo. Se presentan las siguientes características de este interesante término:

1. Es la parte del espacio que ocupa un objeto (cuerpo).

2. No es la situación externa ni la superficie externa del objeto (cuerpo).
3. La posición es la propiedad del lugar.
4. El lugar es relativo o absoluto en razón del tipo de espacio.

Por último, pero no menos importante, ‘movimiento’ es explicado como el cuarto término del escolio.

1. Existe un movimiento absoluto y uno relativo.
2. El movimiento es la traslación de un objeto (cuerpo) desde un lugar hasta otro.
3. El movimiento es absoluto si la traslación se da desde un lugar absoluto hasta otro lugar absoluto.
4. El movimiento es relativo si la traslación se da desde un lugar relativo hasta otro lugar relativo.

Esta es una breve exposición del escolio a las Definiciones de los *Principia*. A continuación, abordaremos las críticas que realizó George Berkeley.

3. George Berkeley, el *Tratado sobre los principios del conocimiento humano*

El Obispo de Cloyne escribe en 1710, con modificaciones en la segunda edición de 1734, una de sus más importantes obras, un tratado de múltiples temas intitulado *Tratado sobre los principios del conocimiento humano*, también conocido como *Principios (Principles)*, obra de mediana extensión que contiene ciento cincuenta y seis párrafos.

Para este corto ensayo se hará uso de los párrafos concernientes a la crítica del autor a la postura de Newton, estos corresponden a los párrafos 109-117, en los cuales se incluyen las críticas a los conceptos de espacio, lugar y movimiento.

Las críticas dan inicio con una alusión a Dios, su gloria y la designación y papel que ha dado a cada parte del universo, para que *sea y funcione* según este designio (§ 109) por mor del sustento y comodidad de la humanidad. A inmediata continuación (§ 110), se afirma que para lograr investigar las partes del universo la mecánica es la llave y la ciencia natural que desvela o muestra parte del misterio del universo.

Por ello se explica cada uno de los conceptos básicos de esta ciencia, sobra decir que esta ciencia (la mecánica) es expresada en su momento por los *Principia* de Newton, y se hace alusión directa de las cuatro definiciones del escolio a las Definiciones.

Al principio de dicho tratado, justamente admirado, el tiempo, el espacio y el movimiento se distinguen en *absoluto y relativo, verdadero y aparente, matemático y común [vulgar]*, distinción que, como lo explica extensamente su autor, supone que esas cantidades tienen existencia fuera de la mente, y que son ordinariamente concebidas en relación a las cosas sensibles con las cuales, sin embargo, no tienen en su propia naturaleza ninguna relación (Berkeley, 1968, 188-189 [§110]). (Las cursivas son del original).

La advertencia de Berkeley es muy acertada, lo relativo y lo absoluto en las definiciones de espacio, movimiento y lugar se dan por el uso de la sensibilidad de las personas, pero hay que ser más exacto. Newton no ataca los sentidos

directamente sino de manera indirecta, ya que hace alusión a los objetos. Desde el inicio del escolio se explica:

[...] Es de observar, con todo, que el vulgo sólo concibe esas cantidades partiendo de la relación que guarda con las *cosas sensibles* [...] (Newton, 1997, 32). (El énfasis con cursiva es mío).

El obispo Berkeley lo aclara de mejor manera cuando se refiere, en el parágrafo 111, a los tres términos evaluados en esta sección:

[...] Y debido a que las partes del espacio no caen bajo nuestros sentidos, estamos obligados a usar su medida sensible en su lugar, y así debemos definir el lugar y el movimiento *con respecto a cuerpos* que consideramos inmóviles [...] (Berkeley, 1968, 189). (El énfasis con cursiva es mío).

Estas series de distinciones son importantes para Newton, según Berkeley, en la medida en que deseemos hablar en el plano filosófico, ya que debemos hacer abstracciones de nuestros sentidos (es decir de lo relativo) y discutir sobre lo absoluto y no de lo aparente (cf. Berkeley, 1968, 189-190, a lo largo de todo el parágrafo 111, el cual es una corta exposición de la doctrina de Newton; específicamente, de las definiciones de espacio, lugar y movimiento). Si se logra distinguir entre absoluto y relativo, y se logra dejar atrás a lo relativo de un lado, las ambigüedades que se puedan dar a la hora de valorar un movimiento o un lugar desaparecen. Por ello, según Berkeley, la filosofía trata de lo absoluto y no de lo relativo.

Es importante rescatar del texto citado en el §110, que en este se exponen características de estos tres términos desde la mira de lo absoluto: ellos existen fuera de la mente del que los puede pensar, y no tienen relación con algún tercero en la propia naturaleza interna de ellos, es decir, son *en sí* y no *en otro*.

Las críticas dan inicio con la concepción de movimiento. Para el autor podemos asignarle las siguientes características al movimiento.

1. Para concebir el movimiento se debe, por lo menos, tener dos cuerpos cuya posición y distancia varíen (§112).
2. El movimiento es causado por una fuerza o acción (§115).
3. Si sólo existiera un cuerpo no habría movimiento (§112).
4. La idea de relación es necesaria para la existencia de movimiento (§112).
5. El movimiento existente y único es el movimiento relativo (§112).

El autor realiza algunas aclaraciones muy relevantes para entender con mayor exactitud su concepción de movimiento:

[...] Ahora bien, pregunto a cualquiera si, de acuerdo a [*sí*] su sentido del movimiento, puede decirse que las piedras que pasa en la calle mientras camina se *mueven* porque cambian de distancia con relación a [*sí*] sus pies. **Me parece, aunque el movimiento incluye la relación de una cosa con otra, no es necesario que se considere cada término de la relación en**

movimiento [...] (Berkeley, 1968, 191 [§113]). (La cursiva es del original; el énfasis con negrita, mío).

Por lo tanto, la relación es una condición suficiente y no una condición necesaria. Así, pues, para la existencia de movimiento debemos incluir un segundo requisito: una fuerza o acción (cf. 2) que cause un cambio de distancia o situación (cf. 1) en un cuerpo con respecto de otro.

El segundo elemento por criticar es el lugar (*place*). Siguiendo con las críticas al movimiento absoluto, el obispo de Cloyne se vuelve contra la visión de los filósofos, a la hora de tener que explicar por dualidad la existencia del lugar absoluto:

Por lo tanto, para fijar sus nociones, *parecen concebir el mundo corpóreo como finito y su firme pared exterior o corteza como el lugar por el cual estiman los movimientos verdaderos*. Si sondeáramos nuestras propias concepciones, creo que encontraríamos que todo el movimiento absoluto, del cual pudiéramos formarnos una idea, no sería en el fondo más que el movimiento relativo así definido (Berkeley, 1968, 192 [§114]).

Solo falta la aparición del espacio y se va a dar en un espléndido viraje argumentativo. Contrariamente a la percepción y argumentación de Newton, da inicio con la exposición del concepto de movimiento como relativo (imposibilidad de uno absoluto), pasa por la exposición del lugar asociado estrechamente con este movimiento y cierra en el parágrafo 116 con el concepto de espacio. Expongo el contenido de este cierre:

De lo que se ha dicho se desprende que **la consideración filosófica del movimiento no implica la existencia de un *espacio absoluto***, distinto del percibido por los sentidos y que está en relación con los cuerpos; que no puede existir fuera de la mente surge con claridad de los mismos principios que demuestran lo propio en lo referente a los otros objetos de los sentidos. **(1)** Y si investigáramos escrupulosamente encontraríamos, tal vez, que ni siquiera podríamos formarnos una idea del *espacio puro* excluido de todos los cuerpos. Debo confesar que esto parece imposible por ser una idea demasiado abstracta. Cuando provoco un movimiento de alguna parte de mi cuerpo y éste se realiza libremente o sin resistencia, digo que hay *espacio*. Pero **si encuentro una resistencia digo que hay un *cuerpo* y que el *espacio* es más o menos *puro* según sea mayor o menor la resistencia (2)**. Así, cuando hablo de espacio puro o vacío **no habrá que suponer que la palabra *espacio* representa una idea distinta de cuerpo y del movimiento, o es concebible sin ellos**, aunque tenemos tendencia a creer que cada nombre sustantivo expresa una idea distinta que puede separarse de todas las otras, lo cual ha ocasionado infinitos errores **(3)**. Por lo tanto, si suponemos que todo el mundo se aniquilara, con excepción de mi propio cuerpo, diría que aún existe el *espacio puro*; con lo cual no se quiere significar otra cosa que yo pueda concebir como posible que los miembros de mi cuerpo puedan moverse en todas direcciones sin la menor resistencia; **pero si aquél también fuera aniquilado no podría haber movimiento, y por lo tanto no habría espacio (4)**. Algunos quizá pensarán que el sentido de la vista les da la idea del espacio puro, pero resulta claro, por lo que hemos demostrado en otra parte, que las ideas de espacio y distancia no se dan por

aquel sentido (Berkeley, 1968, 194-195 [§116]). (La cursiva es del original; el énfasis con negrita, mío).

El extracto señalado como (1) muestra el cierre de la argumentación, la cual inicia valorando la imposibilidad de un movimiento absoluto, lo que nos lleva a preguntarnos de un lugar con la misma característica y finalmente solo deja la opción de aceptar un espacio percibido por los sentidos, es decir, un espacio relativo.

Los restantes puntos exponen una nueva postura del autor. El punto (2) expone una crítica a la concepción del espacio puro concebido como un espacio carente de cuerpos, este es el espacio absoluto de Newton, postura que considera imposible, ya que o existe resistencia (otro cuerpo diferente del mío) o existen mi cuerpo y sus movimientos sin resistencia alguna (3). Esto puede ser un error ocasionado por creer que cada sustantivo expresa una idea separada al cuerpo, en este caso la idea de resistencia. En (4) se ejemplifican las consecuencias de estas ideas: sin cuerpos que produzcan resistencia contra el movimiento de mi propio cuerpo, el movimiento y el espacio son posibles, pero ante la carencia absoluta de cuerpos (inclusive el mío) no habría movimiento y por lo tanto tampoco espacio. Este argumento no puede ser entendido como un contraargumento contra la postura de Newton, sino como una tesis que debe ser explicada, para ser sostenida, en vínculo con la idea de movimiento del autor.

Lamentablemente, la exposición culmina en este párrafo. El siguiente (§117) expone el objetivo detrás de esta argumentación con las siguientes palabras:

[...] Pero la ventaja principal que de él surge es que nos vemos librados del peligroso *dilema* al cual se creían reducidos muchos de los que emplearon su pensamiento

sobre aquel asunto, es decir, el creer ya sea que el espacio real es Dios, o que además de Dios hay algo que es eterno, increado, infinito, indivisible, inmutable. Las cuales pueden muy bien considerarse como dos nociones perniciosas y absurdas [...] (Berkeley, 1968, 195). (La cursiva es del original).

Lo que desvela el objetivo detrás del debate, el cual es de tipo teológico. Hasta aquí el desarrollo de la postura de Berkeley.

4. Albert Einstein

Para culminar la exposición crítica de las definiciones de tiempo, espacio, movimiento y lugar, se abordará la postura de Albert Einstein (1879-1955) en un texto, de una diafanidad encomiable de tipo difusivo, de su autoría, el cual lleva por título “¿Qué es la teoría de la relatividad?” Fue publicado por *The London Times* el 28 de noviembre de 1919, un año después de la propuesta de la teoría de la relatividad general (1915-1918). Debo aclarar que me hago eco de las afirmaciones más fuertes propuestas en este texto, que dejo por fuera los avances más importantes de nuestra época, los cuales pueden ser considerados como críticas a las posturas del físico más importante del siglo XX. Mi objetivo es exponer, a modo de crítica, la posición de Einstein en relación con la de Newton y con la de Berkeley.

Einstein considera a la teoría de la relatividad del tipo o clase de teorías de principios:

[...] Los elementos que configuran su base y punto de partida no se construyen por vía de hipótesis, sino que se descubren empíricamente; son características generales

de procesos naturales, principios que dan origen a criterios formulados de modo matemático, que los distintos procesos o sus representaciones teóricas tendrán que satisfacer [...] (Einstein, 2005, 101).

Por ello, para entender la teoría de la relatividad es necesario exponer los principios en los que se basa. De aquí se hace una distinción entre las dos partes en las que se divide la teoría de la relatividad:

[...] La teoría especial, sobre la que se apoya la teoría general, se aplica a todos los fenómenos físicos, exceptuada sólo [*sí*] la gravitación. La teoría general ofrece la ley de la gravitación y sus relaciones con las otras fuerzas de la naturaleza [...] (Einstein, 2005, 102).

Después de esta descripción general de las dos caras de la teoría de la relatividad: especial (1905, un año milagroso) y general (1915-1918), el físico del siglo XX se presta a explicar los principios que sostienen estas teorías. El primero es que todas las leyes de la física son las mismas sin importar el marco de referencia; el segundo, el principio de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío. Los dos se van a implicar para explicar la nueva visión del universo.

El movimiento implica un sistema que involucra por lo menos dos objetos (cuerpos), uno considerado como punto de referencia en relación con el otro (que se mueve), esto es, un sistema de coordenadas o referencia.

No obstante, el movimiento de este sistema de coordenadas no puede ser elegido de modo arbitrario. Para que las leyes de la mecánica sean válidas, tendrá que estar libre de rotación y aceleración. Un sistema de coordenadas

admitido en mecánica se denomina “sistema inercial”. El estado de movimiento de un sistema inercial, según la mecánica, no está, sin embargo, determinado unívocamente por la naturaleza. Por el contrario, todo sistema de coordenadas que se mueve uniformemente y en línea recta con respecto a un sistema inercial es, asimismo, un sistema inercial (Einstein, 2005, 102).

Desde esta perspectiva, Einstein reitera la idea de Berkeley sobre el movimiento relativo, como la manera correcta de explicar el fenómeno del movimiento. Ahora queda el segundo principio, que propone una velocidad máxima para la luz.

El segundo principio en que se apoya la teoría de la relatividad restringida es “el principio de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío”. Este principio afirma que la luz en el vacío siempre tiene una determinada velocidad de propagación, independiente del estado de movimiento del observador o de la fuente de luz (Einstein, 2005, 102).

Lo importante es que la velocidad es finita, lo cual deja a un lado la idea de lo instantáneo. Para comprender el cambio radical que provocan estos postulados de la nueva física relativista, se deben revisar sus consecuencias comparativamente. Si unimos los dos principios se comprueba que

[...] hablar de la simultaneidad de dos hechos no tiene sentido sino con relación a [*sic*] un sistema de coordenadas dado y que el tamaño de los patrones de medida y la velocidad a que da vueltas el reloj dependen de su estado de movimiento con respecto al sistema de coordenadas [...] (Einstein, 2005, 103).

De esta manera no existen relaciones intemporales e instantáneas entre diferentes cuerpos, toda acción tiene por ínfima que sea una duración (debemos ser precavidos cuando consideramos el caso de la mecánica cuántica), hasta el efecto de la gravedad por la curvatura del espacio-tiempo que provoca un cuerpo sobre otro cuerpo tiene una duración. Negar la velocidad infinita es negar la simultaneidad de todos los sucesos que existen en el Universo. Milič Čapek explica con detalle el fondo de todos los cambios (cf. Čapek, 1973, 193). De aquel podemos nombrar las siguientes características:

1. El espacio de esta teoría no es euclidiano, geometría utilizada por Newton para explicar las características del espacio.
2. Faltan límites en el espacio y es compatible con la idea de ser finito también.
3. El espacio y el tiempo están indisolublemente unidos.
4. El espacio-tiempo relativista no tiene una estructura rígida, porque su curvatura varía no solo de lugar a lugar sino también de un momento a otro.

Existe un desplazamiento mutuo de deformaciones locales del espacio-tiempo.⁹⁰

A la primera característica de esta lista debemos agregar lo que Einstein nos explica:

[...] Pero el camino era más arduo de lo que habíamos supuesto, porque ha exigido el abandono de la geometría

90 Varias de las afirmaciones realizadas por Čapek han sido puestas en duda. Se han confirmado otras características; por ejemplo (según la numeración original del texto), (2) el espacio no es homogéneo; (3) sus regiones no son ni cualitativamente equivalentes las unas con las otras; y (8) la curvatura total del espacio-tiempo varía en el tiempo. Estas discrepancias se consideran o bien errores o bien el resultado de aseveraciones polémicas. En relación con (2) se considera el

euclidiana; es decir que las leyes según las cuales los cuerpos sólidos pueden estar dispuestos en el espacio no concuerdan por completo con las leyes especiales atribuidas a los cuerpos por la geometría euclidiana. A esto nos referimos al hablar de “curvatura del espacio”. Los conceptos fundamentales de “recta”, de “plano”, etcétera, pierden por lo tanto, su significado preciso en física [...] (Einstein, 2005, 104).

Esto evidencia un cambio radical con respecto de la física newtoniana y de todas las físicas anteriores que utilizaban la geometría de Euclides como base para sus explicaciones, lo que pone en la mesa uno de los cambios de mayor relevancia: pasar desde una explicación geométrica a partir de tres dimensiones hasta una explicación a partir de cuatro dimensiones (Einstein se preguntó y exploró la posibilidad de una explicación con más de cuatro dimensiones, pero sus resultados no fueron aceptados por él mismo), disponiendo al tiempo como el elemento revolucionario y la primera dimensión en orden de importancia.

Siguiendo con el tema de la simultaneidad, pero ahora entendida dentro del marco del espacio-tiempo, se nos pueden presentar cuatro diferentes escenarios:

1. La simultaneidad y sucesión de los sucesos isotópicos.
2. La simultaneidad de los sucesos *heterotópicos*, o sea, de los sucesos que se producen en diferentes lugares.
3. La sucesión de sucesos heterotópicos *causalmente relacionados*.
4. La sucesión de sucesos que *no tienen* conexión causal (Čapek, 1973, 179).

espacio homogéneo, pero con perturbaciones locales; sobre (3), que el espacio es considerado isótropo; sobre (8), que la curvatura se considera nula y se presentan perturbaciones locales. Por ello que las omito en el cuerpo del texto.

Dependiendo del sistema de coordenadas o sistema inercial de referencia, una acción es simultánea con otra o no. En (a) la simultaneidad de sucesos en el mismo lugar sigue siendo simultánea y sucesiva para cualquier observador concebible. Aquí se desvanece la idea de relatividad. En (b) en el caso de sucesos distantes, los sucesos no son simultáneos para todos los observadores en diferentes sistemas de referencia, esto los hace ser relativos en todos los sistemas de inercia que no se hallan en reposo unos respecto de otros. En (c) y (d) se presentan casos de interés en términos de causalidad. Para aquellos casos en los que no existen relaciones causales (cuya distancia en el espacio es mayor que su intervalo de tiempo multiplicado por la velocidad de la acción causal más rápida –es decir, c –) pueden aparecer revertidos, es decir, ser considerados como relativos. Pero si están causalmente relacionados mantienen su carácter de sucesión para todo posible observador.

Estas cuatro posibilidades ponen al descubierto la imposibilidad de *determinar un marco absoluto de referencia* para todos los sucesos (causales o no, simultaneidad y sucesión) del universo. Además, pone en claro el papel de máxima importancia que tiene el tiempo en esta nueva teoría física. Gracias a la visión conjunta de movimiento y máxima velocidad (la de la luz), podemos tener una idea clara de la causalidad. Čapek lo explica:

[...] la irreversibilidad de las líneas universales tiene un significado *absoluto*, poseyendo una auténtica y objetiva realidad independiente de la elección convencional del sistema de referencia [...] (1973, 181)[.]

por lo que ninguna acción causal puede moverse con mayor rapidez que los disturbios electromagnéticos. Surge una

pregunta: ¿es posible un viaje al pasado? Parece que no. Solo falta abordar el tema de la materia. Einstein nos dice:

[...] En la teoría de la relatividad general la ciencia del espacio y del tiempo, o cinemática, ya no se presenta como fundamento independiente del resto de la física. El comportamiento geométrico de los cuerpos y la marcha de los relojes dependen de los campos gravitatorios, que a su vez son producidos por la materia [...] (Einstein, 2005, 104).

Eddington explica la nueva concepción de la materia de manera tan diáfana que vale la pena citarlo:

[...] En la presente teoría no se requiere nada correspondiente a esto (la adhesión de la masa a un contenedor como el espacio). No preguntamos cómo la masa se adhiere al espacio tiempo y causa la curvatura que postula nuestra teoría. Eso sería tan superfluo como preguntar cómo la luz se adhiere al medio electromagnético para hacerlo oscilar. La luz es la oscilación; **la masa es la curvatura. No hay ningún efecto causal que se pueda atribuir a la masa;** y menos todavía uno que se pueda atribuir a la materia [...] (Eddington, *The nature of the physical world*, p. 56, citado en Čapek, 1973, 192). (La cursiva es del original; el énfasis con negrita, mío).

Materia y curvatura en el espacio son una sola e idéntica realidad. Ante la ausencia de materia no se da el fenómeno de los campos gravitatorios. Rememoremos que existe una dependencia (como modificación) entre estos últimos y el espacio (comportamiento geométrico de los cuerpos) y el tiempo (la marcha de los relojes).

5. A modo de conclusión

Retomando las críticas de Berkeley al sistema de la física clásica, podemos aseverar que su crítica del movimiento absoluto es acertada, se necesita un sistema de referencia para aseverar la existencia de movimiento, lo que posibilita su posterior crítica al lugar absoluto y al espacio absoluto.

Su postura más interesante es la de la imposibilidad de la existencia de un espacio puro, consecuente con la crítica de un espacio absoluto. El espacio necesariamente está relacionado con cuerpos y movimientos. En ausencia de ambos el espacio desaparece.

Cada uno de estos elementos críticos es la obra de una mente sutil que construye su propia visión de mundo a la hora de criticar. Sin embargo, nos encontramos ante una propuesta especulativa y no científica (si consideramos exclusivamente el *Tratado sobre los principios del conocimiento humano*). Podemos constatar que sujetos como Leibniz realizan críticas a la física clásica, pero que no llegaron a más. La ciencia física optó por mantener la teoría clásica durante tres siglos hasta el advenimiento de la teoría de la relatividad.

Es justo decir que aunque Berkeley concluye críticamente bien, no son sus razones y mucho menos su explicación las que minan el aparato teórico de la física clásica (podríamos excluir de esta crítica sus excelentes razones sobre el movimiento). A fin de cuentas, Berkeley no podía no utilizar otra geometría que no fuera la euclidiana, ya que no existía otra diferente. Gracias a una nueva geometría y a un cambio radical conceptual del espacio, el tiempo y la materia a partir de un fenómeno como el de la luz, cambiaron por completo la física y nuestra visión del universo. Esto fue logrado por

Einstein en dos partes de una misma teoría, la relatividad especial y la relatividad general.

Referencias

- Berkeley, G. (1968). *Tratado sobre los principios del conocimiento humano*. (R. Frondizi, Trad.) Buenos Aires: Editorial Losada.
- Čapek, M. (1973). *El impacto filosófico de la física contemporánea*. Madrid: Editorial Tecnos, S. A.
- Einstein, A. (2005). ¿Qué es la teoría de la relatividad? *Teorema: Revista internacional de filosofía*, XXIV(1), 101-105.
- Newton, I. (1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. (A. Escohotado, Trad.) Madrid: Editorial Tecnos, S. A.

Javier Fernández Araya cursa las carreras de Filosofía y Artes Plásticas en la Universidad de Costa Rica. Apasionado por los problemas sobre la justificación del conocimiento y el pensamiento científico, conduce la mayoría de sus proyectos con un énfasis epistemológico. Publica estos ensayos con suma gratitud hacia sus maestros y lectores, de quienes espera que continúen acompañándolo en su labor filosófica.

El Bach. Leonardo Ortiz Acuña es egresado de la licenciatura en Filosofía de la Universidad de Costa Rica. Su interés es la filosofía de la ciencia, específicamente la filosofía de la física y de las matemáticas. Actualmente cursa estudios de Maestría en Filosofía en la Universidad de Costa Rica y de Bachillerato en Física en la misma universidad. Trabaja en el Departamento de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El Lic. Esaú Herrera Solís es egresado de la carrera de Filosofía de la Universidad de Costa Rica. Sus intereses son la filosofía de la ciencia y la historia de la ciencia. Actualmente cursa estudios de Maestría en el Postgrado en Filosofía de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ciudad de México).

El Lic Guillermo Coronado Céspedes ha cursado estudios de postgrado en Historia de la ciencia en Indiana University. Sus especialidades son la historia y la filosofía de la ciencia, y la filosofía de la naturaleza. Es profesor emérito de la Universidad Teológica de América Central, Monseñor Oscar Arnulfo Romero (2012), y profesor emérito de la Universidad de Costa Rica (2016). Es catedrático retirado del Instituto Tecnológico de Costa Rica y miembro del Círculo de Cartago.